



SKRIPSI – ME141501

**STUDI PERBANDINGAN TEKNIS DAN EKONOMIS ANTARA
METODE *BALLAST WATER TREATMENT* RADIASI *ULTRAVIOLET*
DAN *OZONE TREATMENT* PADA KAPAL TANKER PERTAMINA**

Nicholas Panoguan
NRP 04211440000108

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

SKRIPSI - ME 141501

**STUDI PERBANDINGAN TEKNIS DAN EKONOMIS ANTARA
METODE *BALLAST WATER TREATMENT* RADIASI
ULTRAVIOLET DAN *OZONE TREATMENT* PADA KAPAL TANKER
PERTAMINA**

Nicholas Panoguan
NRP 04211440000108

Dosen Pembimbing
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

SKRIPSI - ME 141501

TECHNICAL AND ECONOMICAL COMPARISON STUDY BETWEEN ULTRAVIOLET RADIATION AND OZONE TREATMENT OF BALLAST WATER TREATMENT METHOD ON PERTAMINA'S TANKER VESSEL

Nicholas Panoguan
NRP 04211440000108

Supervisors
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Metode *Ballast Water Treatment* Radiasi *Ultraviolet* dan *Ozone Treatment* pada Kapal Tanker Pertamina

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance* (MOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Nicholas Panoguan
NRP. 04211440000108

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

()
()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERBANDINGAN TEKNIS DAN EKONOMIS ANTARA METODE *BALLAST WATER TREATMENT* RADIASI *ULTRAVIOLET* DAN *OZONE* *TREATMENT* PADA KAPAL TANKER PERTAMINA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Operation and Maintenance* (MOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Nicholas Panoguan

NRP. 04211440000108

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Metode *Ballast Water Treatment* Radiasi *Ultraviolet* dan *Ozone Treatment* pada Kapal Tanker Pertamina

Nama Mahasiswa : Nicholas Panoguan
NRP : 04211440000108
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

Abstrak

Sistem *ballast* merupakan proses memasukkan air laut kedalam kapal untuk menjaga stabilitas kapal. Namun, penggunaan sistem *ballast* dapat membawa dampak negatif bagi lingkungan saat pembuangan air *ballast* dilakukan. Hal tersebut terbukti dengan adanya kasus-kasus seperti, invasi *Zebra Mussel* di *Great Lakes* pada tahun 1980 yang membawa bencana lingkungan laut dan juga kerugian lebih dari 5 milyar dollar (Carlton, 2000), sebuah spesies *Comb Jelly* yang terdapat di *Black Sea* pada tahun 1982, dan kasus-kasus lainnya. Oleh sebab itu, pada tahun 2004 IMO mengeluarkan sebuah *Ballast Water Management Convention* yang bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan laut yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa oleh air balas pada kapal. Isi dari konvensi tersebut mengharuskan setiap kapal menggunakan *ballast water treatment*.

Dalam menerapkan *Ballast Water Treatment*, terdapat beberapa pilihan metode yang dapat digunakan, seperti filtrasi, radiasi ultraviolet, desinfeksi *chemical*, sistem elektrolisis, *ozone treatment* dan lain-lain. Akan tetapi, di Indonesia sendiri penggunaan macam-macam metode tersebut belum semuanya diaplikasikan, contohnya kapal PT. Pertamina berukuran 40.000 dan 17.500 DWT yang sudah menggunakan *ballast water treatment* namun kedua kapal tersebut hanya menggunakan metode radiasi ultraviolet saja.

Pada penelitian sebelumnya, terdapat perbandingan antara metode *ballast water treatment* radiasi ultraviolet dan *ozone treatment*. Hasil dari penelitian mengatakan bahwa penggunaan metode radiasi ultraviolet masih menyisakan paling sedikit 0,32 individual per liter dengan parameter 200 liter per jam, sedangkan penggunaan metode *ozone treatment* dapat menghilangkan bakteri sampai habis dengan parameter 7 mg per liter dalam waktu 24 jam. Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan dilakukan studi teknis dan ekonomis antara metode pengolahan air ballas radiasi *ultraviolet* dengan *ozone treatment* pada sebuah kapal tanker Pertamina, yaitu MT.XX. Pemilihan tersebut akan dilakukan dengan melakukan pembobotan dari 5 kriteria yang akan dijadikan bahan pertimbangan dalam melakukan pemilihan, yaitu dari segi instalasi BWTS, operasi BWTS, kinerja BWTS dalam pembunuhan bakteri, reputasi vendor, dan biaya dari masing-masing metode. Setelah nilai pembobotan masing-

masing kriteria telah didapatkan, masing-masing metode akan diberi penilaian untuk membantu proses pemilihan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan metode pengolahan air ballas yang cocok untuk digunakan pada kapal MT.XX. Hasil dari penelitian ini adalah terpilihnya *ballast water treatment* dengan metode radiasi *ultraviolet* menggunakan tipe Alfa Laval PureBallast 3.1 untuk digunakan pada kapal MT.XX

Kata kunci : Alfa Laval, *Ballast Water Treatment*, Kapal Tanker, NK-O3, *Ozone Treatment*, Radiasi *Ultraviolet*, Studi Ekonomis, Studi Perbandingan, Studi Teknis

Technical and Economical Comparison Study Between Ultraviolet Radiation and Ozone Treatment of Ballast Water Treatment Method on Pertamina's Tanker Vessel

Name of Student : Nicholas Panoguan
NRP : 04211440000108
Department : Marine Engineering
Supervisor 1 : Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
Supervisor 2 : Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc.

Abstract

Ballast system is the process of inserting sea water into the ship to maintain the stability of the ship. However, the use of a ballast system can produce negative for the environment when ballast disposal is performed. There are some cases such as the Zebra Mussel invasion of the Great Lakes in 1980 bringing environmental catastrophes and losses of more than \$ 5 billion (Carlton, 2000), Comb Jelly species in the Black Sea in 1982, and other cases. Therefore, in 2004 IMO issued the Ballast Water Management Convention which aims to prevent environmental pollution caused by microorganisms carried by air ballasts on ships. The contents of the conventions are for each vessel to use ballast water treatment system.

In applying *Ballast Water Treatment*, there are several choices of methods that can be used, such as filtration, ultraviolet radiation, chemical disinfection, electrolysis systems, ozone treatment and others. However in Indonesia, the use of these kinds of methods have not all been applied, for example PT. Pertamina's 40,000 and 17,500 DWT ship which have already used ballast water treatment are only using ultraviolet radiation as their ballast water treatment system.

In the previous study, there was a comparison between the ultraviolet radiation and ozone treatment. The results of the study say that the use of ultraviolet radiation method still leaves at least 0.32 individuals per liter with a parameter of 200 liters per hour, while the use of ozone treatment method can remove bacteria to exhaust with a parameter of 7 mg per liter within 24 hours. Therefore, in this research, we will conduct technical and economical study between ultraviolet radiation water treatment method with ozone treatment on a Pertamina's tanker vessel, MT.XX. The selection will be done by weighting the 5 criteria that will be taken into consideration in the selection, ie in terms of BWTS' installation, BWTS' operation, BWTS' performance in removing bacteria, BWTS' vendor reputation, and cost of each method. After the weighting the value of each criterion has been obtained, each method will be assessed to assist the selection process. The purpose of this study was to determine the suitable method of ballast water treatment for the MT.XX vessel. The result of this research is ultraviolet radiation ballast water treatment method using Alfa Laval PureBallast 3.1 is being selected for the use of ballast water treatment system on MT.XX vessel.

Keywords : Alfa Laval, Ballast Water Treatment, Comparison Study, Economical Study NK-O3, Ozone Treatment , Tanker Vessel, Technical Study, Ultraviolet Radiation

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan anugerahNya yang diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Studi Perbandingan Teknis dan Ekonomis Antara Metode *Ballast Water Treatment* Radiasi Ultraviolet dan *Ozone Treatment* pada Kapal Tanker Pertamina** dengan kendala yang dapat dihadapi. Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis sadar dalam menyusun laporan ini penulis menemui beberapa hambatan. Namun, penulis mendapatkan banyak bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin berterimakasih kepada.

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Dickson T.M Mangunsong dan Ibu Juliani R. Lubis yang selalu mendoakan dan memberi semangat serta bimbingan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Saudara kandung penulis, Naomi Bunga Claudia dan Britain Rantony sebagai saudara terbaik dalam segala hal.
3. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana, S.T., M.Sc., selaku dosen wali dan dosen pembimbing yang telah banyak memberikan nasihat dan bimbingan kepada penulis di setiap pergantian semester berlangsung. Serta ilmu-ilmu yang diberikan kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc., selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan ilmu kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
5. Teman satu angkatan MERCUSUAR 2014 yang merupakan teman seperjuangan dalam dunia perkuliahan.
6. Teman-teman PERUMDOL
7. Teman-teman kos di Bumi Marina Emas Blok E No. 45

Penulis sadar bahwa dalam membuat Tugas Akhir ini, penulis mungkin masih melakukan banyak kesalahan dikarenakan kurangnya ilmu dan pengalaman. Maka dari itu, saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan agar penulis dapat membuat karya yang lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata, penulis meminta maaf bila terjadi salah penulisan dan salah pemilihan kata. Penulis ucapkan terimakasih.

Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Deliverable.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Problem Overview	7
2.2. Sistem Air Balas	11
2.3. <i>Ballast Water Treatment</i>	14
2.4. Peraturan Sistem Balas pada Kapal	14
2.5. Ratifikasi Indonesia	16
2.6. DNV GL	17
2.7. Metode Pengolahan Air Balas	17
2.8. Kriteria Pemilihan Metode Pengolahan Air Balas.....	18
2.9. Radiasi Ultraviolet	18
2.10. Ozone Treatment	19
2.11. Analisa Pemilihan.....	21
2.12. Nilai Penyusutan dan <i>Future Value</i>	22
2.13. Perhitungan Perencanaan Kapasitas Generator di Kapal	23
2.14. Rumus-Rumus Perhitungan Pajak.....	24
2.15. Rumus-Rumus Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 <i>Flow Chart</i> Metodologi	27
3.2 Studi Pustaka.....	28
3.3 Pengumpulan Data.....	28
3.4 Standard Desain	28
3.5 Perancangan Desain.....	28
3.6 Analisis Teknis	28
3.7 Analisa Ekonomi.....	28
3.8 Analisa Pemilihan.....	29
3.9 Kesimpulan	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Data Kapal	31
4.2. Sistem Balas Kapal	32
4.2.1 Spesifikasi Pompa dan Kapasitas Tangki Balas.....	32

4.2.2	<i>Existing P&ID Sistem Balas Kapal MT.XX</i>	34
4.2.3	Pengolahan Data Kapal	35
4.3.	Pemilihan <i>Ballast Water Treatment</i>	36
4.3.1	<i>Ozone Treatment</i>	36
4.3.2	Radiasi <i>Ultraviolet</i>	37
4.4.	Modifikasi P&ID.....	38
4.4.1	<i>Ozone Treatment</i>	38
4.4.2	Radiasi <i>Ultraviolet</i>	39
4.5.	Modifikasi <i>Engine Room Layout</i>	41
4.5.1	<i>Ozone Treatment</i>	41
4.5.2	Radiasi <i>Ultraviolet</i>	43
4.6.	Analisa Teknis.....	45
4.6.1	<i>Ozone Treatment</i>	45
4.6.2	Radiasi <i>Ultraviolet</i>	50
4.7	<i>Project Schedule NK-O3 BlueBallast dan Alfa Laval PureBallast 3.1</i>	52
4.8	Analisa Ekonomi.....	52
4.8.1	<i>Ozone Treatment</i>	52
4.8.2	Radiasi <i>Ultraviolet</i>	56
4.9	Analisa Pemilihan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1.	Kesimpulan	63
5.2.	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN		67
BIODATA PENULIS.....		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Proses <i>Ballasting</i> dan <i>Deballasting</i>	1
Gambar 1.2. Penyebaran Spesies <i>Zebra Mussel</i>	2
Gambar 1.3. Perbandingan Antara Dampak dan Waktu dari Kejadian Tumpahan Minyak dan Invasi Spesies	2
Gambar 2. 1. Proses <i>Ballasting</i> dan <i>Deballasting</i>	7
Gambar 2.2. Penyebaran Spesies <i>Zebra Mussel</i>	8
Gambar 2.3 Perbandingan Antara Dampak dan Waktu dari Kejadian Tumpahan Minyak dan Invasi Spesies	9
Gambar 2.4 Proses <i>Ballasting</i>	12
Gambar 2.5 Kondisi <i>Ballast Penuh</i>	12
Gambar 2.6 Proses <i>Deballasting</i>	13
Gambar 2.7 Metode Pengolahan Air Balas	17
Gambar 2.8 Proses BWTS Menggunakan Metode Radiasi Ultraviolet	19
Gambar 2.9 Proses BWT Menggunakan Metode <i>Ozone Treatment</i>	21
Gambar 2.10 Nilai Pembobotan Setiap Kriteria.....	21
Gambar 2.11 Nilai Suku Bunga per Tanggal 28 Juni 2018.....	22
Gambar 2.12 Contoh Pemilihan Generator	24
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Metodologi.....	27
Gambar 4.1 <i>Capacity Plan</i> Kapal MT. XX (Tampak Samping)	32
Gambar 4.2 <i>Capacity Plan</i> Kapal MT. XX (Tampak Atas).....	32
Gambar 4.3 <i>Existing P&ID</i> Sistem Balas.....	34
Gambar 4.4 <i>Existing Engine Room Layout</i> (Tampak Atas)	35
Gambar 4.5 <i>Existing Engine Room Layout</i> (Tampak Samping).....	35
Gambar 4.6. Modifikasi P&ID Sistem Balas (Ozon).....	39
Gambar 4.7 Modifikasi P&ID Sistem Balas (Ultraviolet)	40
Gambar 4.8. Modifikasi <i>Engine Room Layout</i> Tampak Atas (Ozon)	42
Gambar 4.9. Modifikasi <i>Engine Room Layout</i> Tampak Samping dari <i>Centerline</i> ke <i>Portside</i> (Ozon)	43
Gambar 4.10. Modifikasi <i>Engine Room Layout</i> Tampak Samping dari <i>Centerline</i> ke <i>Starboard</i> (Ozon)	43
Gambar 4.11 Modifikasi <i>Engine Room Layout</i> Tampak Atas (Ultraviolet).....	44
Gambar 4.12 Modifikasi <i>Engine Room Layout</i> Tampak Samping dari <i>Centerline</i> ke <i>Portside</i> (Ultraviolet)	45
Gambar 4.13 Nilai Pembobotan Setiap Kriteria.....	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

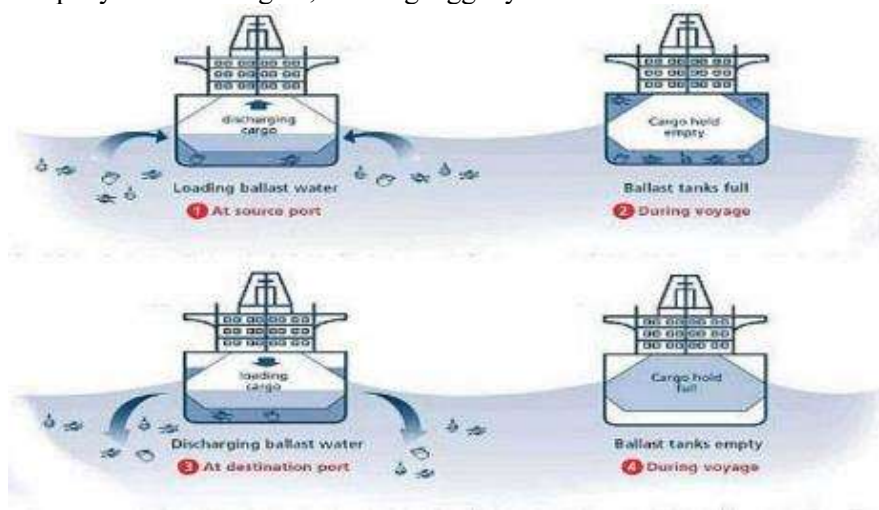
Tabel 1.1 Penyebaran Spesies <i>Zebra Mussel</i>	3
Tabel 2. 1. Jenis-Jenis Organisme dari Air Balas.....	8
Tabel 2.2. Penyebaran Spesies <i>Zebra Mussel</i>	10
Tabel 2.3. Hasil Eksperimen	11
Tabel 2.4. Ketentuan IMO <i>Ballast Water Management Convention</i>	16
Tabel 2.5. Jumlah Kandungan Mikroorganisme dalam Air Ballas (Lloyd Register)...	16
Tabel 2.6 Karakteristik UV	18
Tabel 2.5 Ukuran dari <i>Treatment Plants</i> untuk <i>Ozone Treatment</i>	20
Tabel 2.6 Rumus-Rumus Berkaitan dengan <i>Load Factor</i>	23
Tabel 2.7 Rumus Perhitungan Pajak	24
Tabel 2.8 Rumus Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar	25
Tabel 4.1 Data <i>Principal Particular</i> Kapal X	31
Tabel 4.2 Spesifikasi <i>Main Generator</i>	31
Tabel 4.3 Spesifikasi Pompa Balas	32
Tabel 4.4 Kapasitas Masing-Masing Tangki Air Balas.....	33
Tabel 4.5 Hasil Tes Penilaian dari IMO BWM <i>Convention Regulation D-2 Compliance</i>	36
Tabel 4.6 Tipe-Tipe NK-O3 BlueBallast	37
Tabel 4.7. Tipe-Tipe Alfa Laval PureBallast 3.1	38
Tabel 4.8 Perhitungan <i>Electrical Load Analysis</i> oleh PT. Pertamina	48
Tabel 4.9 Perhitungan Kembali <i>Electrical Load Analysis (Ozone)</i>	49
Tabel 4.10 Perhitungan Kembali <i>Electrical Load Analysis (Ultraviolet)</i>	51
Tabel 4.11 Penjadwalan Tahapan Pemasangan BWTS.....	52
Tabel 4.12 Detail Pemasangan dan <i>Performance Test</i> BWTS.....	52
Tabel 4.13 Biaya Instalasi NK-O3 030	53
Tabel 4.14 Perhitungan Pajak Komponen NK-O3 030	53
Tabel 4.15 Biaya Operasi NK-O3 030	54
Tabel 4.16 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar NK-O3 030.....	54
Tabel 4.17 Skenario Perhitungan <i>Future Value</i> NK-O3 030	55
Tabel 4.18 Biaya Instalasi Alfa Laval PureBallast 3.1	56
Tabel 4.19 Perhitungan Pajak Komponen Alfa Laval PureBallast 3.1	56
Tabel 4.20 Biaya Operasi Alfa Laval PureBallast 3.1.....	57
Tabel 4.21 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar PureBallast 3.1	57
Tabel 4.22 Skenario Perhitungan <i>Future Value</i> Alfa Laval PureBallast 3.1	58
Tabel 4.23 Hasil Pemilihan BWTS	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal merupakan alat transportasi jarak jauh yang dapat mengangkut muatan dengan jumlah yang besar. Dalam mengoperasikan sebuah kapal, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, salah satunya adalah stabilitas kapal tersebut. Pada saat muatan kapal dikeluarkan, kapal akan berada dalam kondisi kosong sehingga keseimbangan kapal pun akan terpengaruhi akibat dari proses bongkar-muat tersebut. Oleh sebab itu, diperlukan sistem air ballas yang berfungsi untuk menjaga kapal tetap pada kondisi *even keel* saat kapal sudah tidak bermuatan lagi. Sistem air ballas menggunakan air laut sebagai media untuk menjaga kestabilan sebuah kapal. Air laut akan dimasukkan ke dalam tangki-tangki ballas pada kapal saat proses pengeluaran muatan kapal sedang berlangsung seperti terlihat pada Gambar 1.1 ilustrasi nomor 1. Namun tangki ballas tidak seterusnya terisi oleh air ballas, dikarenakan air ballas akan dibuang ke laut apabila kapal sudah terisi muatan kembali seperti terlihat pada Gambar 1.1 ilustrasi nomor 3. Pembuangan air ballas yang sebelumnya telah digunakan dapat memicu terjadinya pemindahan mikroorganisme dari satu tempat ke tempat lain. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses memasukkan air ballas kedalam kapal dilakukan, mikroorganisme pada air tersebut juga akan masuk ke dalam kapal dan berkembang biak. Lalu mikroorganisme tersebut akan ikut keluar bersamaan dengan proses pembuangan air ballas. Pemindahan mikroorganisme tersebut dapat menimbulkan terjadinya berkembang biaknya mutan dikarenakan penggabungan dua mikroorganisme yang berbeda, juga dapat menyebabkan penularan penyakit antar negara, dan terganggunya ekosistem laut.



Gambar 1.1. Proses *Ballasting* dan *Deballasting*

Sumber: <http://www.globallast.imo.org/problem.htm>, 2013

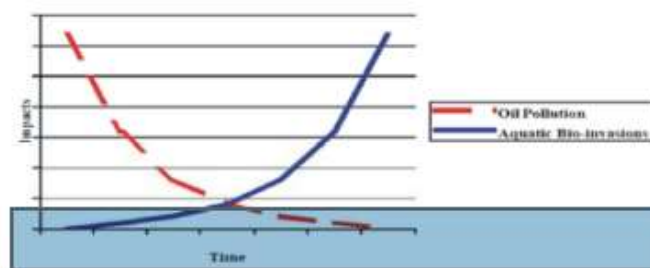
Permasalahan pembuangan air ballas semakin diperkuat dengan terjadinya kasus-kasus seperti, invasi *Zebra Mussel* di *Great Lakes* pada tahun 1980 yang membawa bencana lingkungan laut dan juga kerugian lebih dari 5 milyar dollar (Carlton, 2000), penyebaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Penyebaran Spesies Zebra Mussel

Sumber: <https://nas.er.usgs.gov>

Selain itu, menurut Alla Mohamed Ibrahim dan Manal M.A. El-naggar pada penelitian mereka yang berjudul “*Ballast Water Review: Impacts, Treatments and Management*” membandingkan dampak antara peristiwa tumpahan minyak dengan invasi spesies yang terjadi akibat pemindahan air ballas. Pada hasil penelitian tersebut, memang tumpahan minyak menghasilkan dampak awal yang besar dibandingkan invasi spesies, namun akan berkurang seiring berjalannya waktu. Sedangkan invasi spesies akan terus bertambah dan menghasilkan dampak yang lebih besar apabila masalah tersebut tidak diselesaikan seperti Gambar 1.3.



Gambar 1.3. Perbandingan Antara Dampak dan Waktu dari Kejadian Tumpahan Minyak dan Invasi Spesies

Sumber: *Ballast Water Review: Impacts, Treatments, and Managements*, 2012

Berdasarkan kasus-kasus tersebut, *International Maritime Organization* (IMO) pada tahun 2004 mengeluarkan peraturan mengenai manajemen pengolahan air ballas pada sebuah kapal yang mengharuskan air ballast diolah terlebih dahulu sebelum akan dibuang ke laut. Peraturan tersebut dituliskan pada *IMO Ballast Water Management Convention*. Tujuan dari konvensi ini adalah untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan laut yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa oleh air balas pada kapal, yang dilakukan dengan cara mengharuskan semua kapal untuk mengaplikasikan *Ballast Water and Sediments Management Plan*. Ada beberapa hal yang diatur dari konvensi tersebut, seperti syarat manajemen dan kontrol air balas pada kapal, standar untuk sistem pengolahan air balas, syarat survei dan sertifikasi untuk sistem pengolahan

Secara umum terdapat berbagai macam metode dan teknologi yang dapat digunakan untuk melakukan proses *ballast water treatment*, seperti filtrasi, radiasi ultraviolet, desinfeksi *chemical*, sistem elektrolisis, *ozone treatment* dan lain-lain. Akan tetapi, di Indonesia sendiri penggunaan macam-macam metode tersebut belum semuanya diaplikasikan, contohnya kapal PT. Pertamina berukuran 40.000 dan 17.500 DWT yang sudah menggunakan *ballast water treatment* namun kedua kapal tersebut hanya menggunakan metode radiasi ultraviolet saja (Data PT. Pertamina Divisi *Shipping*). Pada penelitian sebelumnya, terdapat perbandingan antara metode *ballast water treatment* radiasi ultraviolet dan *ozone treatment*. Hasil dari penelitian Jukka Sassi, Satu Viitasalo, Jorma Ryttonen & Erkki Leppakoski dalam *Experiments with Ultraviolet Light, Ultrasound and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment* mengatakan bahwa penggunaan metode radiasi ultraviolet masih menyisakan paling sedikit 0,32 individual per liter dengan parameter 200 liter per jam, sedangkan penggunaan metode *ozone treatment* dapat menghilangkan bakteri sampai habis dengan parameter 7 mg per liter dalam waktu 24 jam. Hal tersebut dapat menjadi dasar untuk melakukan pertimbangan penggunaan metode *ozone treatment* pada kapal tanker Pertamina.

1.2. Perumusan Masalah

Terdapat empat rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana modifikasi sistem dari metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* pada kapal tanker Pertamina?
2. Bagaimana peletakkan komponen dari metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang pada kapal tanker Pertamina?
3. Apakah generator *existing* mencukupi kebutuhan listrik kapal setelah dilakukannya penambahan komponen BWTS?
4. Bagaimana perbandingan biaya metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* dengan mempertimbangkan komponen dan modifikasi sistem dari masing-masing metode tersebut?
5. Bagaimana hasil pemilihan metode pengolahan air ballas yang tepat untuk kapal tanker Pertamina?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu:

1. Pengaplikasian *ballast water treatment* pada kapal tanker Pertamina.
2. Metode yang dijadikan pilihan adalah radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment*.
3. Pemilihan metode dinilai dari segi biaya, ketersediaan ruang pada kapal, dan instalasi atau modifikasi sistem metode tersebut.
4. Tidak membahas atau membuat detail desain.
5. Biaya yang diperhitungkan hanya biaya instalasi dan biaya operasional, perubahan biaya *charter* tidak diperhitungkan.

1.4. Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Menentukan modifikasi sistem dari metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* pada kapal tanker Pertamina.
2. Menentukan peletakkan komponen dari metode komponen dari metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* dengan mempertimbangkan ketersediaan ruang pada kapal tanker Pertamina.
3. Menentukan cukup atau tidaknya generator *existing* dalam memenuhi kebutuhan listrik kapal setelah dilakukannya penambahan komponen BWTS.
4. Menentukan perbandingan biaya metode radiasi *ultraviolet* dan *ozone treatment* dengan mempertimbangkan komponen dan modifikasi sistem dari masing-masing metode.
5. Menentukan hasil pemilihan metode pengolahan air ballas yang tepat untuk kapal tanker Pertamina.

1.5. Deliverable

Hasil dari penelitian ini adalah:

1. P&ID sistem *Ballast Water Treatment* menggunakan metode radiasi Ultraviolet dan *ozone treatment*.
2. Modifikasi *Engine Room Layout* setelah dilakukan pemasangan *Ballast Water Treatment* menggunakan metode radiasi Ultraviolet dan *ozone treatment*.
3. Perhitungan *Electrical Load Analysis* setelah kapal ditambah komponen BWTS
4. Perhitungan biaya instalasi dan operasi dari masing-masing metode *Ballast Water Treatment*.
5. Hasil pemilihan metode *ballast water treatment* yang tepat untuk digunakan.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sebagai rekomendaasi metode pengolahan air balas yang telah terpilih pada kapal tanker Pertamina.

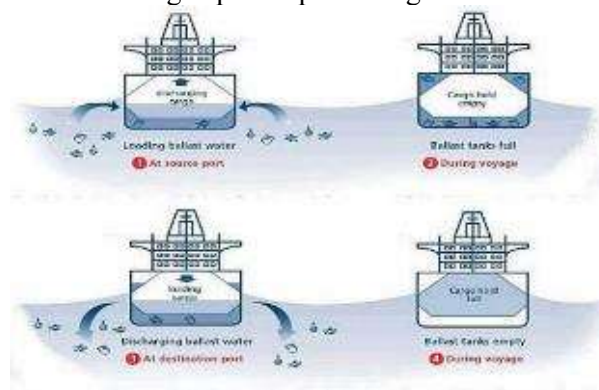
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Problem Overview

Kapal merupakan alat transportasi jarak jauh yang dapat mengangkut muatan dengan jumlah yang besar. Dalam mengoperasikan sebuah kapal, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, salah satunya adalah stabilitas kapal tersebut. Pada saat muatan kapal dikeluarkan, kapal akan berada dalam kondisi kosong sehingga keseimbangan kapal pun akan terpengaruhi akibat dari proses bongkar-muat tersebut. Oleh sebab itu, diperlukan sistem air ballas yang berfungsi untuk menjaga kapal tetap pada kondisi *even keel* saat kapal sudah tidak bermuatan lagi. Sistem air ballas menggunakan air laut sebagai media untuk menjaga kestabilan sebuah kapal. Air laut akan dimasukkan ke dalam tangki-tangki ballas pada kapal saat proses pengeluaran muatan kapal sedang berlangsung seperti terlihat pada Gambar 2.1 ilustrasi nomor 1. Namun tangki ballas tidak seterusnya terisi oleh air ballas, dikarenakan air ballas akan dibuang ke laut apabila kapal sudah terisi muatan kembali seperti terlihat pada Gambar 2.1 ilustrasi nomor 3. Menurut *The World Wildlife Fund*, pembuangan air ballas yang sebelumnya telah digunakan memicu terjadinya pemindahan setidaknya 4.000 spesies laut dari satu tempat ke tempat lain, baik makhluk hidup ataupun mikroorganisme patogen. Hal tersebut dikarenakan pada saat proses memasukan air ballas kedalam kapal dilakukan, mikroorganisme pada air tersebut juga akan masuk ke dalam kapal dan berkembang biak. Lalu mikroorganisme tersebut akan ikut keluar bersamaan dengan proses pembuangan air ballas.



Gambar 2. 1. Proses *Ballasting* dan *Deballasting*

Sumber: <http://www.globallast.imo.org/problem.htm>, 2013

Permasalahan pembuangan air ballas semakin diperkuat dengan terjadinya kasus-kasus seperti, invasi *Zebra Mussel* di *Great Lakes* pada tahun 1980 yang membawa bencana lingkungan laut dan juga kerugian lebih dari 5 milyar dollar (Carlton, 2000), penyebaran tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2. selain itu, sebuah spesies *Comb Jelly* yang terdapat di *Black Sea* pada tahun 1982 dan kasus-kasus lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Jenis-Jenis Organisme dari Air Balas

No.	Organisme	Asal	Tempat Terinvasi	Dampak
1	Zebra Mussel (<i>Dreissena polymorpha</i>)	Eropa Timur	Eropa Timur, Eropa Barat, dan Amerika Utara	Menyumbat pipa asupan air, mempengaruhi ekologi asli, dan mempengaruhi irigasi
2	North Pacific Seastar (<i>Asterias amurensis</i>)	Pasifik Utara	Australia Selatan	Reproduksi yang cepat dan mempengaruhi spesies asli
3	European Green Crab (<i>Carcinus maenas</i>)	Eropa	Australia Selatan, Afrika Selatan, USA, Jepang	Mengalahkan kepiting asli, sangat invasif
4	Mitten Crab (<i>Elocheir sinensis</i>)	Asia Utara	Eropa Barat, Laut Baltik, Amerika Utara	Mempengaruhi kegiatan penangkapan ikan, menyebabkan erosi tepi sungai, dan mempengaruhi spesies asli
5	Cholera (<i>Vibrio cholerae</i>)	Dari daerah perairan laut yang luas	Amerika Selatan	Epidemi Kolera

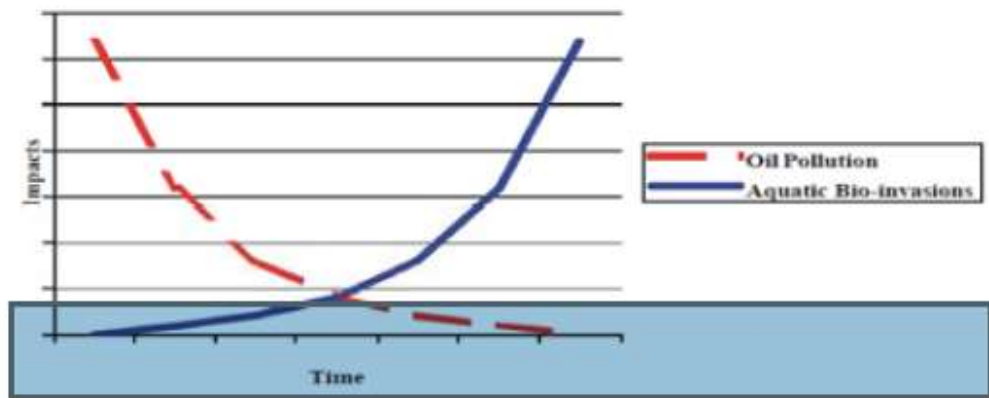
Sumber: Analisa Teknis dan Ekonomis Pemilihan Manajemen Air Ballas pada Kapal, 2016



Gambar 2.2. Penyebaran Spesies Zebra Mussel

Sumber: <https://nas.er.usgs.gov>

Selain itu, menurut Alla Mohamed Ibrahim dan Manal M.A. El-naggar pada penelitian mereka yang berjudul “*Ballast Water Review: Impacts, Treatments and Management*” membandingkan dampak antara peristiwa tumpahan minyak dengan invasi spesies yang terjadi akibat pemindahan air ballas. Pada hasil penelitian tersebut, memang tumpahan minyak menghasilkan dampak awal yang besar dibandingkan invasi spesies, namun akan berkurang seiring berjalannya waktu. Sedangkan invasi spesies akan terus bertambah dan menghasilkan dampak yang lebih besar apabila masalah tersebut tidak diselesaikan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Perbandingan Antara Dampak dan Waktu dari Kejadian Tumpahan Minyak dan Invasi Spesies

Sumber: *Ballast Water Review: Impacts, Treatments, and Managements*, 2012

Berdasarkan kasus-kasus tersebut, *International Maritime Organization* (IMO) pada tahun 2004 mengeluarkan peraturan mengenai manajemen pengolahan air ballas pada sebuah kapal yang mengharuskan air ballast diolah terlebih dahulu sebelum akan dibuang ke laut. Peraturan tersebut dituliskan pada *IMO Ballast Water Management Convention*. Tujuan dari konvensi ini adalah untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan laut yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa oleh air ballas pada kapal, yang dilakukan dengan cara mengharuskan semua kapal untuk mengaplikasikan *Ballast Water and Sediments Management Plan*. Ada beberapa hal yang diatur dari konvensi tersebut, seperti syarat manajemen dan kontrol air ballas pada kapal, standar untuk sistem pengolahan air ballas, syarat survei dan sertifikasi untuk sistem pengolahan air ballas, dan sebagainya. Indonesia sendiri akhirnya meratifikasi *Ballast Water Management Convention* pada tanggal 24 November 2015 yang dilakukan oleh Menteri Perhubungan saat itu, yaitu Ignasius Jonan. Konvensi tersebut dinilai akan melindungi lingkungan maritime dari *Invasive Alien Species* (IAS) atau *Harmful Aquatic Organism and Pathogens* (HAOP) akibat pembuangan air ballas kapal baik oleh kapal berbendera Indonesia yang berlayar ke luar negeri maupun oleh kapal asing di perairan Indonesia (Bobby R. Mamahit, 2015). Hal tersebut sangat lah penting mengingat data yang diberikan oleh Badan Pusat Statiska 2016 mencatat adanya 100.075 buah kunjungan kapal pelayaran luar negeri di pelabuhan yang diusahakan maupun tidak diusahakan, yang artinya kemungkinan terjadinya pemindahan mikroorganisme yang dibawa oleh kapal pelayaran luar negeri ke ke Indonesia semakin besar. Namun sesuai hasil sidang MEPC 71 tanggal 3 sampai 7 Juli 2017, konvensi tersebut baru mulai dilakukan secara efektif pada tanggal 8 September 2017. Untuk penjadwalan lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.2, kolom warna hijau menggambarkan periode untuk survey pembaruan *International Oil Pollution Prevention* (IOPP), sedangkan kolom berwarna merah adalah periode dimana survey pembaruan IOPP dipersyaratkan pemasangan D-2. Hal ini dikarenakan pemasangan *ballast water treatment* pada sebuah kapal berkaitan dengan pembaruan IOPP sebuah kapal.

Tabel 2.2. Penyebaran Spesies *Zebra Mussel*

[illegible]

Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia, 2017

Secara umum terdapat berbagai macam metode dan teknologi yang dapat digunakan untuk melakukan proses *ballast water treatment*, seperti filtrasi, radiasi ultraviolet, desinfeksi *chemical*, sistem elektrolisis, *ozone treatment* dan lain-lain. Akan tetapi, di Indonesia sendiri penggunaan macam-macam metode tersebut belum semuanya diaplikasikan, contohnya kapal PT. Pertamina berukuran 40.000 dan 17.500 DWT yang sudah menggunakan *ballast water treatment* namun kedua kapal tersebut hanya menggunakan metode radiasi ultraviolet saja. Pada penelitian sebelumnya, terdapat perbandingan antara metode *ballast water treatment* radiasi ultraviolet dan *ozone treatment* tanpa menggunakan *pretreatment* berupa filter. IMO berimplikasi bahwa kapal diperbolehkan untuk memperbolehkan membuang organisme tidak kurang dari 0.01 per liter. Hasil dari penelitian Jukka Sassi, Satu Viitasalo, Jorma Rytönen & Erkki Leppakoski dalam *Experiments with Ultraviolet Light, Ultrasound and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment* mengatakan bahwa penggunaan metode radiasi ultraviolet masih menyisakan paling sedikit 0,32 individual per liter

dengan parameter 200 liter per jam, sedangkan penggunaan metode *ozone treatment* dapat menghilangkan bakteri sampai habis dengan parameter 7 mg per liter dalam waktu 24 jam. Tabel 2.3 memperlihatkan hasil dari 4 buah percobaan dengan menggunakan metode radiasi ultraviolet, yaitu dengan parameter 200, 400, 520, dan 800 liter perjam dengan hasil secara berurutan, 0,32; 1,05; 2,61; dan 1,52 individu per liter. Selain itu Tabel 2.3 memperlihatkan hasil dari 5 buah percobaan dengan menggunakan metode *ozone treatment*, yaitu dengan parameter 17 mg per liter selama 4, 5, dan 6 jam dengan hasil secara berurutan 0,73; 0,2; dan 0,67 individu perliter lalu dilakukan percobaan lainnya dengan parameter 7 mg per liter selama 8 dan 24 jam dengan hasil secara berurutan 0,46 dan 0 individu per liter. Dengan begitu, eksperimen tersebut dapat menjadi dasar untuk melakukan pertimbangan penggunaan metode *ozone treatment* pada kapal tanker Pertamina.

Tabel 2.3. Hasil Eksperimen

<i>Treatment</i>	<i>Parameters</i>	<i>Viable organisms (individual/litre)</i>
<i>Ultraviolet</i>	200 l/h	0.32
	400 l/h	1.05
	520 l/h	2.61
	800 l/h	1.52
<i>Ozone</i>	17 mg/l setelah 4 jam	0.73
	17 mg/l setelah 5 jam	0.2
	17 mg/l setelah 6 jam	0.67
	7 mg/l setelah 8 jam	0.46
	7 mg/l setelah 24 jam	0

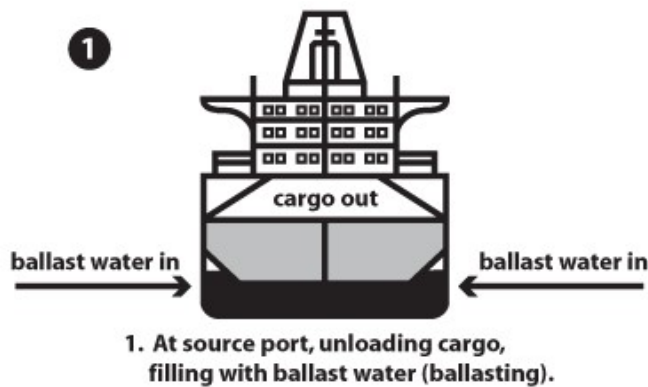
Sumber: *Experiments with ultraviolet light, ultrasound and ozone technologies for onboard ballast water treatment*, 2005

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dilakukan pemilihan metode yang pengolahan air ballas yang tepat pada sebuah kapal. Pemilihan akan dilakukan dengan membandingkan metode radiasi ultraviolet dan *ozone treatment* dari beberapa kriteria yang akan dijadikan bahan pertimbangan dalam melakukan pemilihan, seperti modifikasi sistem pada kapal, peletakan komponen atau ketersediaan ruang dalam kapal, dan dari segi biaya berdasarkan spesifikasi dan sistem dari masing-masing metode tersebut. Lalu, masing-masing faktor dari pemilihan akan diberi pembobotan sebagai salah satu dasar untuk melakukan pemilihan. Setelah itu, masing-masing metode akan diberi penilaian untuk masing-masing kriteria yang ada untuk melakukan pemilihan metode pengolahan air ballas yang tepat pada sebuah kapal. Dengan terselesaikannya penelitian ini diharapkan metode pengolahan air ballas yang dipilih dapat direalisasikan pada kapal tanker Pertamina, sehingga penyebaran spesies invasif diakibatkan pembuangan air ballas dapat dicegah.

2.2. Sistem Air Balas

Air *ballast* adalah air laut yang dibawa oleh kapal pada bagian tangki ballas kapal untuk mengontrol *trim*, *list*, *draught*, stabilitas, dan tegangan yang terjadi pada kapal (IMO, 2004). Pada sistem air balas terdapat dua buah proses utama, yaitu *ballasting* dan *deballasting*. Mengutip dari marineinsight.com, proses *ballasting* dan *deballasting*

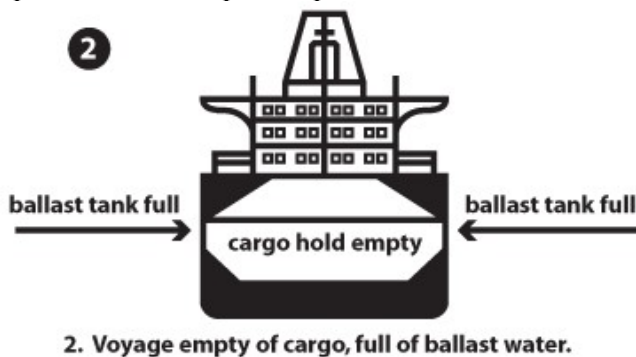
adalah sebuah proses untuk memasukkan atau mengeluarkan air balas pada saat kapal berada di pelabuhan atau di laut. Untuk melakukan kedua proses tersebut, kapal akan dilengkapi oleh sistem perpipaan dan pompa dengan kapasitas besar. Berikut ini adalah ilustrasi dari proses sistem ballast tersebut:



Gambar 2.4 Proses *Ballasting*

Sumber: <https://www.tc.gc.ca>

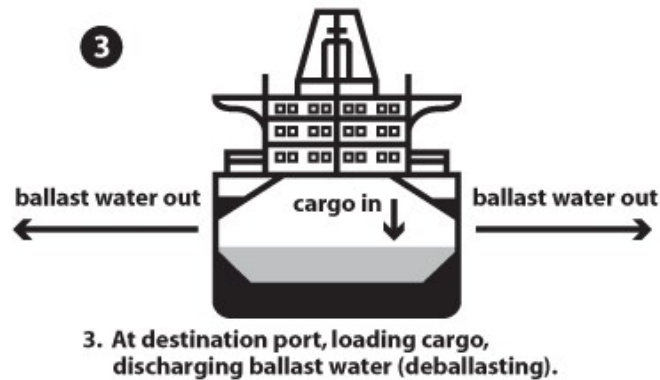
Pada Gambar 2.4 merupakan ilustrasi dari proses ballasting pada sebuah kapal. Air ballas mulai dimasukan pada saat muatan pada kapal dikeluarkan.



Gambar 2.5 Kondisi *Ballast Penuh*

Sumber: <https://www.tc.gc.ca>

Pada Gambar 2.5 merupakan ilustrasi pada saat kapal dalam kondisi sudah dipenuhi air ballas. Pada kondisi tersebut, ruang kargo sudah kosong atau kapal sudah tidak bermuatan lagi.



Gambar 2.6 Proses *Deballasting*

Sumber: <https://www.tc.gc.ca>

Pada Gambar 2.6 merupakan ilustrasi dari proses *deballasting* pada sebuah kapal. Air ballas mulai dikeluarkan dari kapal, diikuti dengan proses pengisian muatan ke dalam kapal.

Sistem ballast memang sangat dibutuhkan dalam menjaga keseimbangan kapal. Namun, menurut Alla Mohamed Ibrahim dan Manal M.A. El-naggar pada penelitian mereka yang berjudul “*Ballast Water Review: Impacts, Treatments and Management*” mengatakan bahwa terdapat dampak negatif dari penggunaan sistem air ballas pada kapal, baik dari segi ekologi maupun ekonomi. Dari segi ekologi, penggunaan sistem air ballas akan memunculkan spesies baru yang akan menyerang lingkungan barunya. Spesies baru tersebut akan bersaing dengan spesies asli untuk makanan dan ruang, bahkan memangsa spesies asli lingkungan tersebut. Hal tersebut dinilai dapat mengubah habitat dan mengubah kondisi lingkungan, misalnya seperti mengubah rantai makanan dan ekosistem laut tersebut secara keseluruhan serta terjadi pengusuran spesies asli pada lingkungan tersebut. Dari segi ekonomi, penyerbuan spesies baru akan menyebabkan dampak yang cukup besar terhadap keekonomian masyarakat, seperti beberapa contoh berikut ini:

- ❖ Berkurangnya produksi ikan karena adanya persaingan dan pengusuran spesies ikan pada lingkungan tersebut yang terjadi akibat penyerangan spesies baru.
- ❖ Berkurangnya efektifitas pelayaran dikarenakan fouling species.
- ❖ Penutupan pantai rekreasi akibat adanya penyerangan spesies baru, seperti algae blooms yang menyebabkan bau tidak sedap pada pantai tersebut.
- ❖ Dampak terhadap kesehatan masyarakat yang disebabkan spesies patogen dan beracun. Hal tersebut akan meningkatkan biaya untuk perawatan, diagnosa penyakit, dan lain-lain.
- ❖ Peningkatan biaya yang diperlukan untuk melakukan penelitian, pengembangan, edukasi, mitigasi, dan hal-hal lainnya yang berhubungan dengan pengolahan air ballas.

2.3. *Ballast Water Treatment*

Dituliskan dalam IMO pada *ballast water management conference*, *ballast water treatment* adalah sebuah proses mekanikal, kimiawi, fisik, dan biologi, baik secara proses tunggal maupun hasil kombinasi proses yang digunakan untuk membasmi, membuat tidak berbahaya, ataupun menghindari organisme akuatik berbahaya yang terkandung dalam air balas atau edapannya. Untuk melihat aturannya, dapat dilihat pada sub-bab 2.4, sedangkan untuk melihat jenis metode secara detail dapat dilihat pada sub-bab 2.7.

2.4. **Peraturan Sistem Balas pada Kapal**

International Maritime Organization (IMO) badan yang bergerak dalam bidang keselamatan, keamanan dan kinerja lingkungan pelayaran internasional. Dengan maraknya isu terjadinya perpindahan mikroorganisme yang diakibatkan oleh sistem balas pada kapal, IMO mengadakan “*International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediment*” pada tanggal 13 Februari 2004 yang bertujuan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan laut yang disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa oleh air balas pada kapal, yang dilakukan dengan cara mengharuskan semua kapal untuk mengaplikasikan *Ballast Water and Sediments Management Plan*. Contoh negara-negara yang sudah meratifikasi mengenai konvensi ini antara lain: Kroasia, Prancis, Jerman, Malaysia, Belanda, Korea, Rusia, Spanyol, Swedia, dan lainnya. Konvensi tersebut menghasilkan aturan mulai dari ANNEX A sampai dengan ANNEX E yang berguna untuk mengatur pengolahan air balas pada kapal. Berikut ini adalah rincian dari ANNEX A sampai dengan ANNEX E:

- ❖ ANNEX A berisi mengenai hal-hal umum yang berkaitan dengan pengolahan air balas.
- ❖ ANNEX B berisi mengenai kontrol dan syarat manajemen pada kapal. Berikut ini adalah rinciannya:
 - Kapal harus memiliki sistem penanganan air balas yang telah disetujui oleh pihak yang berwenang.
 - Kapal harus memiliki log book untuk mencatat waktu pengambilan, penanganan, dan pembuangan air balas
 - Kapal yang dibangun sebelum tahun 2009 dengan kapasitas tangki air balas setara 1500 dan 5000 m³ harus memenuhi standar penanganan air balas dengan menggunakan metode pertukaran air atau standar performa air balas hingga tahun 2014. Kapal yang dibangun sebelum tahun 2009 dengan kapasitas tangki air balas kurang dari 1500 atau lebih dari 500 m³ harus memenuhi standar penanganan air balas dengan

menggunakan metode petukaran air balas atau standar performa air balas hingga tahun 2016.

- Kapal yang dibangun pada tahun 2009 atau setelahnya dengan kapasitas tangki air balas kurang dari 5000 m³ harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang dibangun antara tahun 2009 – 2012, dengan kapasitas tangki air balas lebih dari 5000 m³ atau lebih harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang dibangun pada tahun 2012 atau setelahnya dengan kapasitas tangki air balas kurang dari 5000 m³ harus memenuhi aturan standar performa dari air balas.
 - Kapal yang menggunakan sistem pertukaran air balas harus melakukan pertukaran air balas setidaknya 200 mil laut dari pulau terdekat dan pada kedalaman air laut setidaknya 200 m.
 - Dalam kasus ketika kapal tidak bisa melakukan pertukaran air balas seperti aturan di atas, maka pertukaran harus dilakukan sejauh mungkin dari pulau terdekat, yaitu setidaknya 50 mil laut dari pulau terdekat dan setidaknya dalam kedalaman 200 m
- ❖ ANNEX C berisi “Negara atau gabungan dari beberapa Negara yang saling bekerjasama, dimungkinkan untuk memberikan pemaksaan aturan tambahan untuk mencapai tujuan mengurangi mikroorganisme yang berbahaya akibat air balas dan endapannya. Dalam kasus ini, Negara atau gabungan dari beberapa Negara yang bekerjasama harus berkoordinasi dengan negara tetangga terdekat yang mungkin terkena imbas pelaksanaan pemaksaan aturan tambahan tersebut dan harus berkomunikasi dengan IMO untuk mendapatkan persetujuan dari pemaksaan aturan tambahan setidaknya enam bulan”
- ❖ ANNEX D berisi sebagai berikut:
- Pada regulasi D-1, menyebutkan bahwa standar dari metode pertukaran air balas adalah, kapal yang menggunakan metode ini harus melakukannya dengan efisiensi 95% volume pertukaran air balas. Untuk kapal yang melakukan pertukaran air balas dengan menggunakan metode pumping-through. Pumping-through sebesar tiga kali volume tiap tangki air balas harus dipertimbangkan untuk memenuhi standar yang telah ditetapkan, untuk pumping-through kurang dari tiga kali yang diperbolehkan asalkan memenuhi standar.
 - Pada regulasi D-2, menyebutkan bahwa kapal yang menggunakan sistem penanganan air balas hanya diperbolehkan membuang kurang dari 10 organisme hidup dengan ukuran lebih dari atau sama dengan 50 mikrometer setiap 1 m³. Dan untuk mikroorganisme yang berukuran antara 10 hingga 50 mikrometer hanya boleh dibuang 10 mikroorganisme tiap 1 milimeter. Sedangkan untuk jenis mikrobanya, tidak boleh melebihi konsentrasi yang telah ditetapkan. Untuk vibrio cholerae kurang dari 1 cfu per 100 ml. Untuk Escherichia coli kurang

dari 250 cfu per 100 ml. untuk intestinalenterococci kurang dari 100 cfu per 100 ml yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4. Ketentuan IMO *Ballast Water Management Convention*

Ballast Capacity (m3)	Construction Date	First Intermediate or Renewal Survey, which ever occurs first after anniversary date of delivery in the year indicated below								
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<1500	<2009	D1 or D2								D2
	≥2009	D2								
≥1500	<2009	D1 or D2					D2			
	≤5000	D2								
>5000	<2012	D1 or D2								D2
	≥2012	D2								

Sumber: IMO *Ballast Water Management Convention*

Tabel 2.5. Jumlah Kandungan Mikroorganisme dalam Air Ballas (Lloyd Register)

Organism category	Regulation
Plankton > 10-50 μm in minimum dimension	< 10 Cells/m ³
Plankton, 10 - 50 μm	< 10 Cells/ml
Toxigenic <i>Vibrio Cholera</i> (O1 and O139)	< 1 cfu/ 100 ml or less than 1 cfu/gr
<i>Eschericia Coli</i>	< 250 cfu/100 ml
Instestinal <i>Enterococci</i>	< 100 cfu/100 ml

Sumber: IMO *Ballast Water Management Convention*

2.5. Ratifikasi Indonesia

Indonesia sendiri akhirnya meratifikasi *Ballast Water Management Convention* pada tanggal 24 November 2015 yang dilakukan oleh Menteri Perhubungan saat itu, yaitu Ignasius Jonan. Konvensi tersebut dinilai akan melindungi lingkungan *maritime* dari *Invasive Alien Species (IAS)* atau *Harmful Aquatic Organism and Pathogens (HAOP)* akibat pembuangan air ballas kapal baik oleh kapal berbendera Indonesia yang berlayar ke luar negeri maupun oleh kapal asing di perairan Indonesia. Sesuai dengan hasil siding MEPC 71 pada tanggal 3 sampai dengan 7 Juli 2017, diberlakukannya implementasi konvensi ballast water treatment adalah sesuai dengan ketentuan berikut ini :

- ❖ Untuk kapal bangunan baru yang peletakan lunasnya dilakukan pada atau setelah 8 September 2017, harus melakukan instalasi BWT pada saat serah terima kapal.
- ❖ Tanggal penerapan bagi kapal existing dalam hal melakukan instalasi BWMTS adalah pada saat pembaharuan (renewal) sertifikasi IOPP sebagai berikut :
 - Pada survey pembaharuan pertama, setelah tanggal pemberlakuan Konvensi BWT, jika:
 - Jatuh tempo survey tersebut dilaksanakan pada/setelah 8 September 2019.
 - Survey tersebut dilaksanakan pada/setelah 8 September 2014 namun sebelum 08 September 2017
 - Pada survey pembaharuan kedua, setelah tanggal pemberlakuan Konvensi BWMT, jika tanggal pembaharuan survey pertama dilakukan sebelum 8 September 2019, dan turut memperhatikan bahwa Survey

tersebut dilaksanakan pada/setelah 8 September 2014 namun sebelum 08 September 2017.

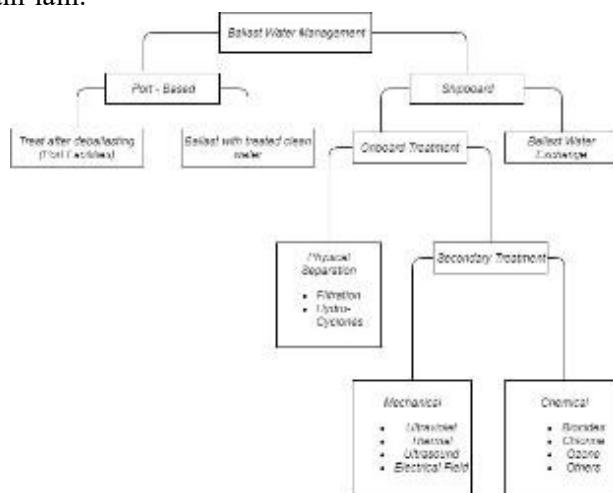
2.6. DNV GL

DNV GL merupakan sebuah biro klasifikasi yang terletak di Oslo, Norwegia dan bertugas menyediakan pengklasifikasian, jaminan teknis, dan sertifikasi pada bidang maritim dan migas. Tujuan utama dari DNV GL adalah mengutamakan terjaminnya keselamatan jiwa dan perlindungan lingkungan dengan memberi standard demi meningkatkan keamanan dari sebuah bisnis tertentu. Pada perancangan kali ini, digunakan DNV GL *part 4 chapter 6* yang berisikan mengenai aturan-aturan sistem perpipaan pada kapal sebagai salah satu standard untuk melakukan perancangan desain.

2.7. Metode Pengolahan Air Balas

Menurut penelitian yang berjudul “*Controlling Introductions of Non-indigenous Species by Ballast Water*”, metode pengolahan air ballas secara umum terbagi menjadi dua, yaitu saat di pelabuhan dan pada saat di kapal seperti terlihat pada Gambar 2.7.

Pada Gambar 2.7 pengolahan di pelabuhan dan pada saat di kapal masing-masing terbagi lagi menjadi beberapa metode. Pengolahan di pelabuhan terbagi menjadi dua pilihan, yaitu melakukan pengolahan yang dilakukan setelah proses *deballasting* atau melakukan pengisian tangki ballas dengan air yang sudah diolah terlebih dahulu. Untuk metode pengolahan yang dapat dilakukan pada saat berada di kapal secara garis besar terbagi menjadi dua, yaitu *physical separation* dan *secondary*. Pada *physical separation*, pengolahan hanya mampu untuk menyaring mikroorganisme, namun tidak membunuh mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan *secondary treatment* dimana pengolahan bertujuan untuk membunuh mikroorganisme pada air ballas. *Secondary treatment* sendiri terbagi menjadi dua, yaitu *mechanical* dan *chemical*. Dimana *mechanical* terdiri dari *Ultraviolet*, *thermal heating*, *ultra sound*, *magnetic field*, dan *electrical field*. Sedangkan *chemical* terdiri dari *biocides*, *chlorine*, *ozone*, *organic chemicals*, dan lain-lain.



Gambar 2.7 Metode Pengolahan Air Balas

Sumber: *Controlling Introductions of Non-indigenous Species by Ballast Water*

2.8. Kriteria Pemilihan Metode Pengolahan Air Balas

Menurut pada IMO Ballast Water Management Convention Regulation D-5, terdapat beberapa kriteria yang dapat dijadikan pertimbangan untuk melakukan pemilihan metode pengolahan air ballas pada sebuah kapal. Kriterianya adalah sebagai berikut:

- ❖ Pertimbangan yang berkaitan dengan keselamatan kapal dan kru
- ❖ Dapat diterima oleh lingkungan, tidak menyebabkan dampak lingkungan yang lebih besar daripada yang mereka selesaikan
- ❖ Kepraktisan, sesuai dengan desain dan operasi kapal
- ❖ Keefektifan dari segi biaya
- ❖ Keefektifan biologis dalam hal menghilangkan mikroorganisme

2.9. Radiasi Ultraviolet

Dengan menggunakan radiasi UV, genetik yang terkandung dalam DNA organisme hancur dan mencegah mikroorganisme untuk berkembang biak (Magnus Berntzen, 2010). Radiasi UV secara umum dapat dibagi menjadi 3 berdasarkan panjang gelombangnya, yaitu UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm), dan UV-C (200-280 nm). Semakin panjang gelombangnya (<280 nm) pendek maka semakin efektif dalam membunuh bakteri dan virus (SWRCB, 2002). Di pasaran, biasanya lampu UV terbagi menjadi dua tipe, yaitu *convensional low pressure* dan *medium pressure*. Untuk karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Karakteristik UV

Characteristic	Low pressure	Medium pressure	Pulse UV
Wavelength	Monochromatic, 85–90% at 254 nm	Polychromatic, 185–1,400 nm	Polychromatic, 185–800 nm
Emission	Continuous-wave	Continuous-wave	30 pulses / sec.
Mercury vapour pressure	10^{-3} – 10^{-2} torr	10^2 – 10^4 torr	N/A
Operating temperature	40–60°C	500–800°C	15,000°C
Arc length	40–75 cm	5–40 cm	15 cm
Lifetime	8,000–10,000 h	2,000–5,000 h	> 9,000 h at 30 pulses / sec.
Relative light intensity	Low	Medium	High

Sumber: *Experiments with Ultraviolet Light, Ultrasound and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment*

Menurut *Experiments with Ultraviolet Light, Ultrasound and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment* perawatan dari metode radiasi UV adalah dengan membersihkan dan mengganti lampu UV, apabila umur lampu tersebut sudah habis. Metode UV dipercaya sebagai salah satu metode yang praktis dan dinilai sukses sebagai *secondary treatment* menurut Glosten-Herbert (2002), karena:

- ❖ UV berpotensi efektif melawan organisme
- ❖ UV punya sejarah yang baik di bidang maritim dan mempunyai maintenance yang tidak kompleks

- ❖ UV dapat melakukan treatment saat ballasting dan deballasting
- ❖ UV tidak mengubah karakteristik air yang diolah sehingga aman untuk lingkungan karena tidak memakai bahan-bahan yang beracun

Komponen-komponen yang diperlukan dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

- ❖ Filter = di dalam filter terdapat alat penyaring, pembersih, dan output untuk kotoran serta output untuk air ballas yang bersih.
- ❖ Ultraviolet = untuk mensterilkan mikroorganisme dan bakteri air ballas melalui sinar atau lampu ultraviolet dan kotoran akan dibersihkan

Urutan proses dalam penggunaan metode ini dapat terlihat pada Gambar 2.8

- ❖ *Sea Chest* → *Filter* → *Ultraviolet* → *Ballast Tank*
- ❖ *Ballast Tank* → *Ultraviolet* → *Overboard*



Gambar 2.8 Proses BWTS Menggunakan Metode Radiasi Ultraviolet

Sumber : Ara Plasma BWT *Project Guide*

2.10. Ozone Treatment

Ozone dinilai mampu membinasakan bakteri yang terkandung dalam air balas. Hal tersebut diperkuat dengan jurnal yang berjudul *Shipboard Trials of an Ozone-based Ballast Water* yang melakukan percobaan untuk mengetahui sisa bakteri dalam air balas setelah di-treatment oleh ozone. Hasilnya Sisa bakteri yang diteliti menunjukkan adanya kesesuaian dengan regulasi IMO, yaitu <10 organisme hidup berukuran >50 µm per m³ air ballast.

Metode *ballast water treatment* ini menggunakan *ozone generator* dan *ozone injector* sebagai komponen utama untuk membunuh mikroorganisme yang ada pada air ballas. *Treatment* saat melakukan *ballasting* akan memastikan bahwa air ballas tersebut akan mendapat *treatment* saat kapal baru mulai melakukan *voyage*. Namun, apabila organisme yang akan dimusnahkan butuh waktu kontak yang lama dengan *ozone*, maka *treatment* saat *voyage* perlu dilakukan. Pada Tabel 2.5 terlihat ketentuan dan ukuran dari *treatment plant* yang digunakan untuk dapat memusnahkan bakteri (Oemcke & Van Leewen, 1998). Selain waktu kontak, menurut jurnal yang berjudul *Ozonation of Seawater from Different Locations: Formation and Decay of Total Residual Oxidant-implications for Ballast Water Treatment* dikatakan bahwa karakteristik air laut sangat

berperan dalam mendapatkan *Total Residual Oxidant* (TRO) level yang diinginkan lalu konsentrasi TRO juga berpengaruh karena konsentrasi TRO yang lebih banyak akan membuat pembasmian bakteri lebih efektif dan memperlambat kebusukan TRO itu sendiri.

Tabel 2.5 Ukuran dari *Treatment Plants* untuk *Ozone Treatment*

Organisms	C_{ft} [mg.min/L]	Treatment time [h] ¹	M_0 [kg/h]	M_d [kg/h]	M_T [kg/h]	C_{peak} [mg/L]
Bacteria, virus, amoebae	100	24 (12/12)	0.084	13.7	13.75	0.11
	100	48 (24/24)	0.031	6.8	6.86	0.05
	100	96 (48/48)	0.014	3.4	3.34	0.03
<i>Amphidinium</i> sp,	1,000	24 (12/12)	0.84	13.7	14.51	1.14
	1,000	48 (24/24)	0.31	6.8	7.14	0.57
	1,000	96 (48/48)	0.14	3.4	3.56	0.30
<i>Bacillus subtilis</i> spores	17,000	24 (12/12)	14.23	13.7	27.9	19.3
	17,000	48 (24/24)	5.31	6.8	12.1	9.3
	17,000	96 (48/48)	2.37	3.4	5.8	4.6
<i>Gymnodinium</i> <i>catenatum</i> cysts	42,000	24 (12/12)	35.16	13.7	48.8	47.8
	42,000	48 (24/24)	13.13	6.8	20.0	22.6
	42,000	96 (48/48)	5.84	3.4	9.3	11.6

Sumber: Oemcke & van Leewen, 1998

Gabungan dari ozone dan air laut akan menghasilkan senyawa bromin (TRO) yang dapat menghilangkan mikroorganisme. Berikut ini adalah reaksi kimia yang terjadi:



Ozone merupakan zat yang korosif, oleh karena itu sistem *side stream* terbuat dari material tingkat tinggi, seperti *stainless steel*. Penggunaan sistem *side stream* pada *ozone treatment* akan membantu pencegahan korosi, karena *ozone* akan larut sebelum air ballas mengalir ke aliran pipa utama ballas, sehingga *ozone* sudah akan larut sebelum masuk ke tangki ballas (Magnus Berntzen, 2010). Menurut NK *Company* penempatan dalam penggunaan *ozone treatment* juga dinilai mudah, karena hanya *ozone injection* yang harus sejajar dengan pipa air ballas, sedangkan komponen lainnya fleksibel untuk diletakkan, bahkan apabila jika harus ditempatkan pada *deck* yang berbeda.

Komponen-komponen yang diperlukan dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

- ❖ *Air compressor*
- ❖ *Air receiver tank*
- ❖ *Oxygen generator*
- ❖ *Oxygen receiver tank*
- ❖ *Ozone generator*
- ❖ *Ozone injector*

Untuk metode ini, *treatment* hanya dilakukan pada saat proses *ballasting*. Saat proses *deballasting*, air ballas hanya akan melalui sensor *neutralizer agent* untuk

memastikan air ballas keluar saat *Total Residual Oxidant (TRO)* level lebih dari 0,2 ppm. Urutan proses dalam penggunaan metode ini dapat terlihat pada Gambar 2.9. Pertama kompresor akan menghasilkan udara lalu menyimpan udara tersebut pada *air receiver tank*, lalu udara tersebut akan masuk ke *oxygen generator* untuk membantu menghasilkan oksigen dan selanjutnya akan disimpan di *oxygen receiver tank*. Setelah kadar oksigen sudah dinilai cukup, oksigen tersebut akan ditransfer ke *ozone generator* untuk membantu menghasilkan ozone yang nantinya diinjeksi bersamaan dengan proses *ballasting*.



Gambar 2.9 Proses BWT Menggunakan Metode *Ozone Treatment*

Sumber : NK O3 BlueBallast Project Guide

2.11. Analisa Pemilihan

Menurut Andreas Cappelán dalam *thesis* nya yang berjudul “*Decision-Making Tool for Ballast Water Management Systems*” bahwa terdapat nilai pembobotan dari masing-masing kriteria dalam menentukan *ballast water treatment* sebuah kapal. Pembobotan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.10, dimana biaya merupakan kriteria dengan nilai pembobotan tertinggi senilai 52%, diikuti dengan *treatment performance* senilai 13%, selanjutnya instalasi dan operasi dari metode yang digunakan senilai 12%, dan yang paling kecil adalah reputasi vendor sebesar 11%



Gambar 2.10 Nilai Pembobotan Setiap Kriteria

Sumber: *Decision-Making Tool for Ballast Water Management Systems*, 2012

2.12. Nilai Penyusutan dan *Future Value*

Nilai sebuah aset yang kita miliki perlahan-lahan akan mengalami penyusutan nilai. Menurut Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan (BPKP), ada tiga faktor yang harus dipertimbangkan dalam menentukan jumlah penyusutan yang terjadi pada sebuah aset, yaitu:

- ❖ Harga perolehan aset tetap, adalah biaya yang dihabiskan guna memiliki sebuah aset.
- ❖ Masa manfaat aset, adalah jangka atau lama waktu dari penggunaan aset tersebut.
- ❖ Nilai aset pada akhir masa manfaat aset, adalah perkiraan nilai sisa saat aset tidak bermanfaat (berguna) lagi.

Untuk melakukan perhitungan nilai penyusutan dapat menggunakan metode garis lurus dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai penyusutan} = (\text{Nilai perolehan} - \text{Nilai sisa}) / \text{Umur manfaat} \dots \dots \dots (2.6)$$

Saiful Ghazi dalam Jurnal Sains Terapan No.1 Vol 3 yang berjudul Pemodelan Nilai Keseimbangan antara *Compound Value* dan *Future Value* Menggunakan Aplikasi Geogebra mengatakan bahwa *Future Value* adalah nilai investigasi di masa mendatang yang dipengaruhi oleh tingkat suku bunga yang tetap selama periode tertentu. Hal tersebut dikarenakan nilai uang masa kini tidak akan sama dengan nilai uang dengan masa depan akibat adanya nilai suku bunga tiap tahunnya. Contohnya adalah apabila 1 kg beras berharga Rp 1000,00 pada tahun 2018, maka ada kemungkinan harga beras akan bertambah menjadi Rp 1500,00 pada tahun 2020. Pada Gambar 2.11 dapat dilihat nilai dari suku bunga yang ditetapkan oleh Bank Indonesia (hasil dari rapat dewan gubernur), yaitu 5.25%.



Tanggal	BI 7-Day	Siaran Pers
29 Juni 2018	5.25 %	Pranala Siaran Pers
30 Mei 2018	4.75 %	Pranala Siaran Pers
17 Mei 2018	4.50 %	Pranala Siaran Pers

Gambar 2.11 Nilai Suku Bunga per Tanggal 28 Juni 2018

Sumber: <https://www.bi.go.id>

Untuk menghitung nilai *Future value* dapat menggunakan rumus yang diberikan oleh AICPA (*American Institute of CPAs*), yaitu sebagai berikut:

$$\diamond FV = p (1+i)^n \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

FV = *Future Value*

p = Nilai saat ini

i = Nilai suku bunga

n = Periode tahun

2.13. Perhitungan Perencanaan Kapasitas Generator di Kapal

Menurut Sardono Sarwito dalam bukunya yang berjudul *Perencanaan Instalasi Listrik Kapal* dikatakan bahwa dalam melakukan perencanaan kapasitas generator di kapal terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu kondisi operasi kapal, *load factor* tiap peralatan, dan *diversity factor*.

Kondisi operasi kapal terbagi menjadi tiga kondisi, untuk lebih detail dapat dilihat penjelasan berikut ini:

- ❖ Dua kondisi = dimana hanya kondisi berlayar dan berlabuh yang diperhitungkan.
- ❖ Empat kondisi = berlayar, meninggalkan pelabuhan, bongkar muat, dan di pelabuhan.
- ❖ Delapan kondisi = berlayar, meninggalkan pelabuhan, bongkar muat dan di pelabuhan. Masing-masing kondisi tersebut dibagi menjadi siang dan malam

Selanjutnya adalah *load factor* yang merupakan perbandingan antara daya rata-rata dan kebutuhan daya yang diperlukan untuk melakukan operasi maksimal pada sebuah kondisi yang sebelumnya dijelaskan (Sardono Sarwito, 1995). Hal terakhir yang perlu diperhatikan adalah rasio antara daya peralatan yang ada dengan total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu, biasa disebut dengan *diversity factor*. BKI vol IV. menuliskan bahwa *diversity factor* tidak boleh lebih rendah dari 0.5. Pada Tabel 2.6 dapat dilihat rumus-rumus yang berkaitan dengan *load factor*.

Tabel 2.6 Rumus-Rumus Berkaitan dengan *Load Factor*

No.	Biaya	Keterangan/Rumus
1.	<i>Continuous Load (CL)</i>	Konsumsi daya alat x <i>load factor</i>
2.	CL baru	CL awal + CL komponen tambahan
3.	<i>Total Demand Power</i>	(IL + CL) x (1 + <i>design margin</i>)
4.	<i>Load Factor</i>	Daya yang dibutuhkan/Daya yang hasil generator

Sumber : PT. Pertamina

Untuk mengetahui jumlah beban pada komponen yang digunakan, maka dapat dilakukan perhitungan yang tertulis pada BKI vol IV, yaitu sebagai berikut:

$$\diamond \text{Jumlah beban} = \text{beban sementara} \times \text{diversity factor} \dots\dots\dots(2.5)$$

Apabila ketiga hal diatas sudah dilakukan, maka dapat dilakukan pemilihan generator dengan syarat sekurang-kurangnya untuk daya di laut diberi *spare* 15% lebih besar daripada kebutuhan daya yang ditetapkan sebelumnya (BKI vol IV). Perhitungan daya *start* dan efisiensi dari generator juga diperlukan sebelum menentukan generator yang akan dipilih. Berikut ini adalah rumus-rumus dari *daya start* dan efisiensi generator:

$$\diamond P_{start} = P_1 + P_2 \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\diamond \text{Efisiensi Generator} = P_{start} / \text{Daya output Generator}$$

Keterangan rumus:

- $P_{start} = \text{Daya start}$

- P1 = Total daya pada sebuah kondisi tanpa daya terbesar komponen pada kondisi tersebut.
- P2 = Daya terbesar komponen pada kondisi tersebut.

Pada Gambar 2.12 dapat dilihat contoh dari pemilihan kapasitas generator yang dilakukan oleh PT. Pertamina, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Pemilihan generator jatuh kepada Yanmar 3412 C.

Electrical Load (kW)		Seesailing	Maneuvering	Cargo operation	Harbour	Emergency
Intermittent load (kw)	Total	245.04	341.45	290.28	108.31	76.59
	Diversity factor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Demand factor	196.08	239.02	203.19	75.83	53.61
Continuous load (kw)		403.22	607.82	1252.63	302.77	62.59
Total continuous & intermittent load		599.30	947.67	1455.82	378.58	116.18
Design margin (15%) (kw)		689.19	1089.81	1663.19	435.26	133.85
Total demand power with diversity for design margin (kw)		1288.49	2037.48	3119.01	813.84	250.03

Generator													
No.	Type	Kva	Hz	Sec	Shipping	Set	Maneuvering	Set	Cargo operation	Set	Harbour	Set	Emergency
1	Yanmar	1500	60	3	1500	1	1500	1	1500	1	1500	1	1500

With the consideration that the sailing condition (critical condition) Load Factor rate should not exceed 0.6% for safety reasons (according to the rule of the class), and economic considerations, then the generator selected for this ship is S4004V1 1500 C (besides other technical considerations, such as: make, etc). Specification generator that is selected from several types of generator made are:

Make: **Yanmar**
 Type: **3412 C**
 Power: **1500 kW**
 Frequency: **60 Hz**

LOAD ANALYSIS AT START CONDITION

At

Shipping: **1500 kW**
 Cargo handling equipment: **512 kW**
 Load factor: **0.35**
 Thus, start power: **2118 kW**

Following of generator on Power Power and 4 Generator

Starting Power: **2118 kW**
 Total for Generator 4 Total Power Minimum: **2118 kW**
 = **2118 kW**
 = **2118 kW**

Gambar 2.12 Contoh Pemilihan Generator

Sumber: PT. Pertamina

2.14. Rumus-Rumus Perhitungan Pajak

Pada Tabel 2.7 dapat dilihat hal-hal yang diperlukan untuk menghitung pajak menurut direktorat jenderal bea dan cukai:

Tabel 2.7 Rumus Perhitungan Pajak

No.	Biaya	Keterangan/Rumus
1.	Biaya Alat (C)	Biaya <i>real</i> sebuah alat
2.	Biaya Angkut (F)	Biaya yang dibutuhkan untuk mengirim alat tersebut
3.	Asuransi (I)	$0.5 \times (C+F)$
4.	Nilai Pabean (NP)	$(C+F+I) \times 14,000$
5.	Bea Masuk (BM)	$7.5\% \times NP$
6.	Nilai Impor (NI)	$NP + BM$
7.	Pajak Pertambahan Nilai (PPN)	$10\% \times NI$
8.	Total Pajak	$BM + PPN$

Sumber: Direktorat Jenderal Bea dan Cukai

2.15. Rumus-Rumus Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Pada Tabel 2.8 dapat dilihat hal-hal yang diperlukan untuk menghitung biaya konsumsi bahan bakar:

Tabel 2.8 Rumus Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar

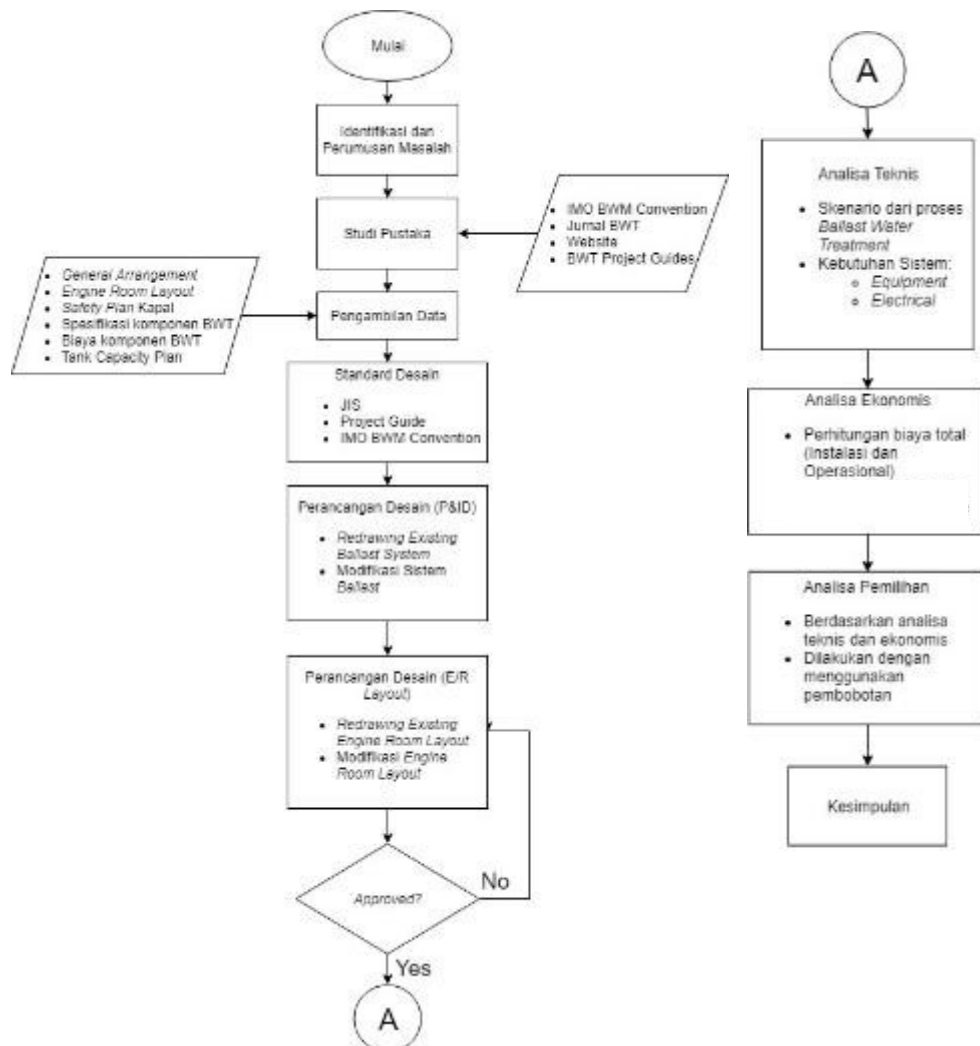
No.	Data	Keterangan/Rumus
1.	Konsumsi Daya Alat (P)	Daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat sebuah alat
2.	Durasi <i>Ballasting</i> (t)	$t = V.Tangki\ Balas / Q.Pompa\ Balas$
3.	Konsumsi Energi (kWh)	$kWh = P \times t$
4.	SFOC	Konsumsi bahan bakar sebuah generator
5.	Konsumsi Bahan Bakar untuk BWTS (ton)	$Konsumsi\ Bahan\ Bakar = Konsumsi\ Energi \times SFOC \times 10^{-6}$
6.	Biaya Bahan Bakar	Biaya bahan bakar per satuan (ton)
7.	Biaya Konsumsi Bahan Bakar	$Biaya = Konsumsi\ Energi \times Biaya\ Bahan\ Bakar$

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Flow Chart Metodologi

Flow chart pada gambar 3.1 merupakan langkah-langkah dalam mengerjakan tugas akhir ini.



Gambar 3.1 Flow Chart Metodologi

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka diambil dari IMO *Ballast Water Management Convention*, *Ballast Water Treatment Project Guide*, jurnal, dan *paper* hasil penelitian terakhir yang mempunyai tema serta tujuan yang berhubungan dengan *ballast water treatment*, sehingga diharapkan dari penelitian kajian pustaka dapat dijadikan dasar teori dan referensi dalam mengerjakan tugas akhir ini:

3.3 Pengumpulan Data

Setelah selesai melakukan studi pustaka, pengambilan data akan dilakukan. Data-data yang diperlukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah:

- ❖ *Ballast Capacity Plan*
- ❖ *General Arrangement*
- ❖ *Engine Room Layout*
- ❖ Spesifikasi komponen *ballast water treatment*
- ❖ Biaya komponen *ballast water treatment*

3.4 Standard Desain

Setelah data diperoleh, maka akan dibuat perancangan desain dari masing-masing sistem *ballast water treatment*. Namun, sebelum melakukan perancangan harus ditentukan terlebih dahulu standard yang digunakan untuk dapat melakukan perancangan desain. Pada perancangan ini, digunakan DNV *part 4 chapter 6*, IMO *Ballast Water Management Convention*, dan *Project Guide Ballast Water Treatment* sebagai standard untuk melakukan perancangan desain. Untuk lebih detail dapat dilihat pada 2.4 dan 2.5.

3.5 Perancangan Desain

Dengan data yang telah diperoleh dan standard yang telah ditentukan, masing-masing dari metode *ballast water treatment* yang akan dibandingkan dapat dibuat perancangan desainnya berupa *Piping & Instrumental Diagram (P&ID)* dan juga peletakkan komponen BWT pada kapal tersebut.

3.6 Analisis Teknis

Setelah perancangan desain telah selesai dibuat, maka selanjutnya adalah melakukan analisis teknik dari rancangan tersebut, yaitu:

- ❖ Skenario dari proses *ballast water treatment* dan kebutuhan sistem, seperti komponen BWT, pipa, dan pompa.
- ❖ *Project Schedule* dari pemasangan *ballast water treatment*
- ❖ Kebutuhan listrik dalam pengoperasian *ballast water treatment*. Untuk perhitungan dapat dilihat pada 2.13.

3.7 Analisa Ekonomi

Apabila perancangan desain sudah dikatakan layak, maka akan dilakukan perhitungan biaya berdasarkan setiap komponen yang digunakan pada masing-masing metode BWT. Biaya-biaya yang akan dihitung adalah sebagai berikut:

- ❖ Biaya Instalasi = biaya komponen BWTS, pipa, elektrikal, jasa pemasangan, *shipping*, pajak, dan lain-lain.

- ❖ Biaya Operasi = perawatan dan konsumsi bahan bakar
- ❖ Nilai Penyusutan dan *Future Value*

Sebagian dari biaya instalasi dan operasi, seperti biaya komponen BWTS, elektrik, jasa pemasangan, dan lainnya diambil dari sebuah laporan perusahaan asal Kanada. Sedangkan, untuk perhitungan *future value*, pajak, dan konsumsi bahan bakar dapat dilihat pada sub-bab 2.12, 2.14, dan 2.15.

3.8 Analisa Pemilihan

Pada tahap ini dilakukan pemilihan metode BWT yang tepat untuk kapal tanker Pertamina dengan mempertimbangkan dari segi biaya, peletakkan, dan instalasi atau modifikasi sistem. Pemilihan akan dilakukan dengan menggunakan metode Pembobotan seperti terlihat pada poin 2.11.

3.9 Kesimpulan

Menyimpulkan hasil dari pemilihan metode *ballast water treatment* yang akan digunakan untuk kapal tanker Pertamina berdasarkan analisa teknis dan analisa ekonomis dari masing-masing metode.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Kapal

Pada penelitian kali ini, akan digunakan kapal MT. XX milik PT. Pertamina (PERSERO) untuk dilakukan perencanaan sistem *ballast water treatment*. Data *principal particular* dari kapal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data *Principal Particular* Kapal X

Nama Kapal :	MT. XX
Jenis Kapal :	Crude Oil Tanker
LOA :	157,50 m
LPP :	149,50 m
<i>Beam</i> (Mld) :	27,7 m
<i>Depth</i> (Mld) :	12 m
<i>Max. Draft</i> (Mld) :	7 m
<i>Gross Tonnage</i> :	14750
<i>,Net Tonnage</i> :	4583
Kecepatan :	9,6 knot

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

Untuk kebutuhan listrik, kapal tersebut menggunakan *main generator* dengan spesifikasi yang terlihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Spesifikasi *Main Generator*

Merk :	YANMAR
Tipe :	6EY22ALW
<i>Output</i> :	850 kW
<i>Rated Voltage / Current</i> :	450 V / 1363 A
<i>No. of Phase / Frequency</i>	3 ph / 60 Hz
<i>Power Factor</i> :	0,8
<i>Quantity</i> :	3

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

4.2. Sistem Balas Kapal

4.2.1 Spesifikasi Pompa dan Kapasitas Tangki Balas

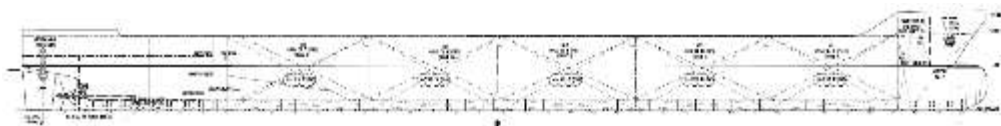
Kapal ini mempunyai tangki balas sebanyak 17 buah dengan kapasitas total mencapai 11.422,70 m³. Untuk melakukan proses *ballasting* dan *deballasting*, sistem kapal ini menggunakan dua buah pompa dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi Pompa Balas

Merk :	-
Tipe :	<i>Horizontal Centrifugal Pump</i>
<i>Capacity</i> :	300 m ³ /h
<i>Pressure Head</i> :	20 m
<i>No. of Phase / Frequency</i>	3 ph / 60 Hz
<i>Power Factor</i> :	0,8
<i>Quantity</i> :	2

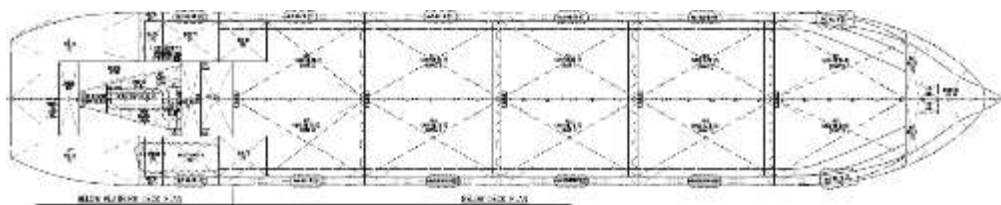
Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

Seperti sebelumnya dijelaskan bahwa kapasitas total air balas yang dapat diangkut oleh kapal ini adalah 11.422,70 m³. Pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 akan diperlihatkan *capacity plan* dari kapal tersebut yang berguna untuk mengetahui posisi tangki-tangki air balas pada kapal MT. XX. Dapat dilihat bahwa terdapat 17 buah tangki air balas yang terdiri dari 14 buah tangki yang terletak pada *double bottom* atau *wing tank*, 2 buah terletak di *after peak tank*, dan ditambah dengan 1 buah *fore peak tank*.



Gambar 4.1 *Capacity Plan* Kapal MT. XX (Tampak Samping)

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)



Gambar 4.2 *Capacity Plan* Kapal MT. XX (Tampak Atas)

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

Sedangkan untuk mengetahui detail letak dan kapasitas masing-masing tangki dapat dilihat pada Tabel 4.4, dimana terlihat bahwa tangka air balas dengan kapasitas terbesar

terdapat pada *Fore Peak Tank* dengan kapasitas sebesar 995,04 m³

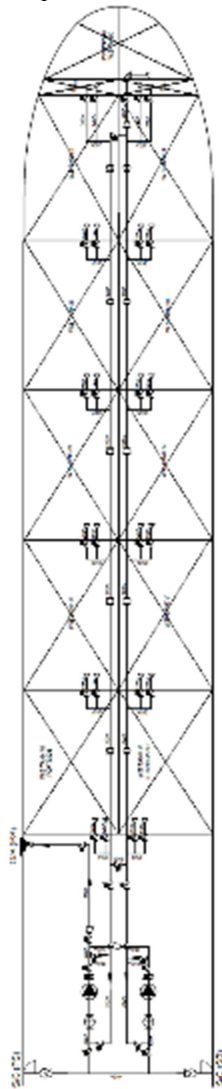
Tabel 4.4 Kapasitas Masing-Masing Tangki Air Balas

Tangki	Lokasi	Kapasitas (m ³)
FORE PEAK TK (C)	Fr189 - FWD	995,04
No.1 BWT (P)	Fr186 – Fr189	224,55
No.1 BWT (S)	Fr186 – Fr189	224,55
No.2 BW DB/WING TK (P)	Fr158 – Fr186	788,25
No.2 BW DB/WING TK (S)	Fr158 – Fr186	788,25
No.3 BW DB/WING TK (P)	Fr129 – Fr158	893,79
No.3 BW DB/WING TK (S)	Fr129 – Fr158	893,79
No.4 BW DB/WING TK (P)	Fr100 – Fr129	894,14
No.4 BW DB/WING TK (S)	Fr100 – Fr129	894,14
No.5 BW DB/WING TK (P)	Fr71 – Fr100	892,05
No.5 BW DB/WING TK (S)	Fr71 – Fr100	892,05
No.6 BW DB/WING TK (P)	Fr43 – Fr71	934,66
No.6 BW DB/WING TK (S)	Fr43 – Fr71	934,66
No.7 BW WING TK (P)	Fr28 – Fr40	207.10
No.7 BW WING TK (S)	Fr28 – Fr40	207.10
AFT BW TK (P)	AFT – Fr23	389.1
AFT BW TK (S)	AFT – Fr23	389.1

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

4.2.2 Existing P&ID Sistem Balas Kapal MT.XX

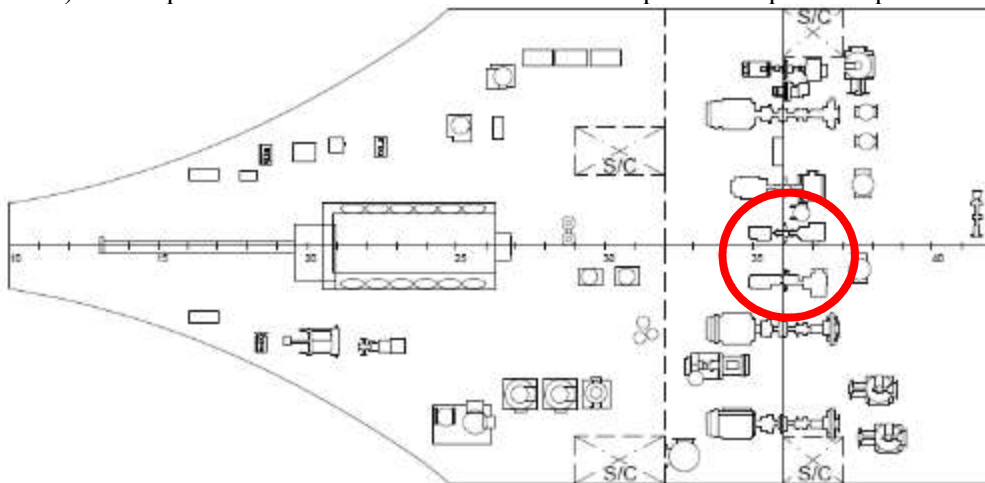
Seperti dijelaskan sebelumnya pada poin 2.1, proses *ballasting* dimulai dengan mengambil air laut melalui *sea chest*. Selanjutnya air balas tersebut akan didistribusikan ke tangki-tangki balas yang tersedia pada kapal, sedangkan proses *deballasting* dimulai dengan menyedot air laut dari tangki-tangki balas, lalu memompakan air laut tersebut keluar kapal melalui *overboard*. Proses *deballasting* dilakukan menggunakan pompa balas yang ada di kapal. P&ID (*Piping and Instrumental Diagram*) dari sebuah sistem tentunya sangat penting untuk lebih menjelaskan proses sistem tersebut dengan detail. Pada Gambar 4.3 terlihat *existing* P&ID sistem balas kapal sebelum menggunakan *ballast water treatment* apapun. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.3 Existing P&ID Sistem Balas
Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

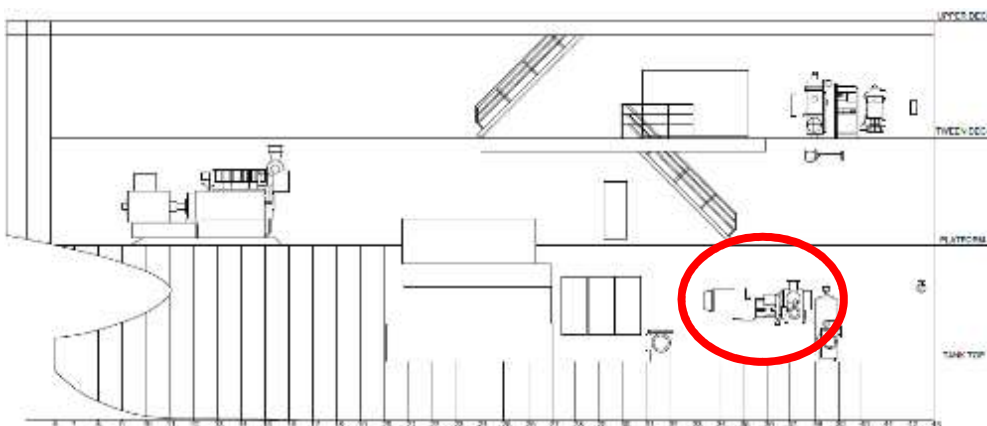
4.2.3 Pengolahan Data Kapal

Penggambaran *Engine Room Layout* harus dilakukan agar posisi dari komponen-komponen yang diletakkan pada kamar mesin dapat dilihat dengan jelas. Peletakkan sebuah komponen pada kapal adalah hal yang sangat krusial karena ruang di kamar mesin kapal tentunya sangat terbatas. Gambar 4.4 merupakan tampak atas dari *existing engine room layout* sebelum menggunakan *ballast water treatment* apapun, sedangkan Gambar 4.5 merupakan tampak samping dari *centerline* ke *portside* kapal pada *existing engine room layout* kapal MT. XX. Seperti terlihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5, terdapat dua buah pompa balas yang berada pada frame 35 - 37 (dilingkari berwarna merah) dan empat buah *sea chest*. Untuk lebih detail dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.4 Existing Engine Room Layout (Tampak Atas)

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)



Gambar 4.5 Existing Engine Room Layout (Tampak Samping)

Sumber: PT. Pertamina (PERSERO)

4.3. Pemilihan *Ballast Water Treatment*

Dalam sub-bab ini akan dilakukan pemilihan *ballast water treatment* yang nantinya digunakan pada modifikasi kapal MT. XX.

4.3.1 *Ozone Treatment*

Sistem *Ballast Water Treatment* pertama yang akan dirancang pada kapal MT. XX adalah BWT dengan menggunakan *Ozone Side Stream Injection* dari NK Company, Ltd yang bernama NK-O3 BlueBallast. Sistem *ballast water treatment* ini sudah di-approve oleh beberapa badan klasifikasi, seperti ABS, LR, BV, RINA, dan lain-lain. Selain itu NK-O3 BlueBallast juga sudah dinyatakan lolos tes penilaian dari IMO BWM *Convention Regulation D-2 Compliance*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Tes Penilaian dari IMO BWM *Convention Regulation D-2 Compliance*

Test Cycle	Klasifikasi Ukuran Organisme	Organisme Hidup		D-2 Standard	Hasil Penilaian
		Dt			
Deballasting	$\geq 50 \mu\text{m}$ (individual/m ³)	Atas	0	< 10/m ³	PASS
			0		
			0		
		Tengah	0	< 10/m ³	PASS
			0		
			0		
		Bawah	0	< 10/m ³	PASS
			0		
			0		
		Rata-Rata	0	< 10/m³	PASS
	10 - 50 μm (individual/ml)	Atas	0	< 10/ml	PASS
			0		
			0		
		Tengah	0	< 10/ml	PASS
			0		
			0		
		Bawah	0	< 10/ml	PASS
			0		
			0		
		Rata-Rata	0	< 10/ml	PASS

Sumber: NK Company

Terhitung sampai dengan 14 Agustus 2014, sudah terdapat 123 buah kapal yang menggunakan NK-O3 BlueBallast. Hal tersebut dikarenakan beberapa keuntungan yang didapat dalam pemakaian ozon sebagai BWT, yaitu:

- ❖ Menghemat biaya total (CAPEX dan OPEX yang rendah).

- ❖ Tidak dibutuhkan *treatment* pada proses *deballasting*, maka akan menggunakan konsumsi listrik yang lebih sedikit dibandingkan dengan *treatment* yang harus dilakukan saat *ballasting* dan *deballasting*
- ❖ Lebih fleksibel dalam melakukan peletakkan komponen dikarenakan hanya mengharuskan injektor ozon saja yang berada dekat dengan pompa dan pipa balas utama.
- ❖ Tidak perlu adanya modifikasi pada pipa balas utama

NK-O3 BlueBallast mempunyai beberapa tipe yang dapat dipilih berdasarkan kapasitas dari pompa balas utama yang digunakan sebuah kapal. Pada Tabel 4.6 dapat dilihat beberapa tipe NK-O3 BlueBallast.

Tabel 4.6 Tipe-Tipe NK-O3 BlueBallast

Tipe (NK-O3)	Kapasitas Pompa Balas (m ³ /h)	Konsumsi Daya (kW)*
015	2 x 150	27
030	2 x 300	50
050	2 x 500	70
075	2 x 750	96
100	2 x 1.000	150
150	2 x 1.500	190
200	2 x 2.000	268
250	2 x 2.500	317
300	2 x 3.000	390
400	2 x 4.000	508

(*untuk satu set yang terdiri dari oksigen generator, ozon generator, *water chiller*, *neutralizing agent*, dan TRO Level Monitor).

Sumber: NK Company

Berdasarkan tipe-tipe pada Tabel 4.6, dipilih NK-O3 030 dikarenakan pompa balas utama yang digunakan kapal berkapasitas 600 m³/h

4.3.2 Radiasi *Ultraviolet*

Pilihan kedua pemakaian sistem *ballast water treatment* untuk kapal MT. XX adalah dengan menggunakan Alva Laval PureBallast 3.1 dari *maker* Alva Laval menawarkan sistem *ballast water treatment* yang ramah lingkungan, namun efektif dalam membunuh mikroorganisme yang terdapat pada air balas. Hal tersebut dikarenakan Alva Laval menggunakan kombinasi antara *filter* dan *ultraviolet reactor* untuk membasmi mikroorganisme, sehingga tidak ada zat aktif yang digunakan dalam proses pembunuhan mikroorganisme.

Sama halnya dengan pemilihan tipe NK-O3 BlueBallast, pemilihan tipe Alva Laval PureBallast 3.1 komponen juga didasari oleh kapasitas yang dihasilkan oleh pompa balas utama. Tipe Alva Laval PureBallast 3.1 dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4.7. Tipe-Tipe Alva Laval PureBallast 3.1

Kapasitas Pompa Balas (m ³ /h)	Filter (m ³ /h)	UV Reaktor (m ³ /h)	Konsumsi Listrik (kW)
300	300	300	32
750	750	600	63
1000	1000	1000	100

Sumber: Alva Laval

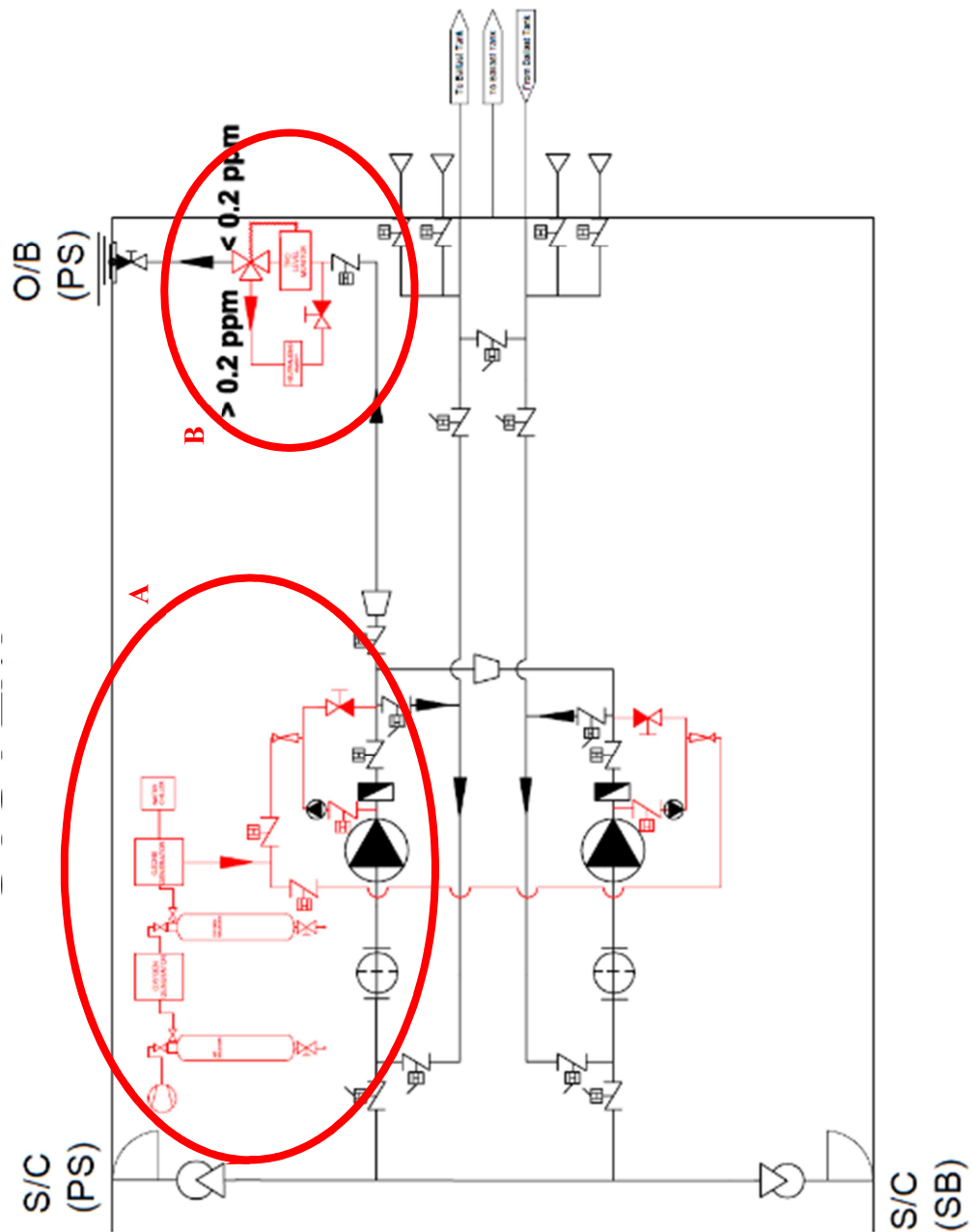
Berdasarkan tipe-tipe pada Tabel 4.6, dipilih *filter* dan UV reaktor dengan spesifikasi 600 m³/h dikarenakan pompa balas utama yang digunakan kapal berkapasitas 600 m³/h

4.4. Modifikasi P&ID

Pada sub-bab ini akan dilakukan modifikasi dalam bentuk P&ID dari sistem balas *existing* kapal MT.XX setelah diinstal alat *ballast water treatment*.

4.4.1 Ozone Treatment

Dari *existing* P&ID sistem balas yang telah ada akan dilakukan modifikasi dengan menambah sistem *ballast water treatment* pada sistem balas tersebut. Kali ini akan dilakukan penambahan sistem *ozone side stream injection* pada sistem balas yang telah ada. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat hasil modifikasi dari penambahan sistem *ballast water treatment* menggunakan ozon dalam bentuk lingkaran-lingkaran merah. Lingkaran A pada Gambar 4.6 merupakan proses terjadinya pembentukan ozon dan penginjeksian ozon ke pipa *side stream* yang merupakan tempat bertemunya ozon dan air balas. Sedangkan, Lingkaran B pada Gambar 4.6 merupakan proses untuk memonitor dan memastikan bahwa pada proses *deballasting*, air balas yang keluar dari kapal tidak mengandung klorin ≥ 0.2 ppm, sehingga tidak berbahaya untuk lingkungan. Untuk proses secara detail akan dijelaskan pada sub-bab 4.6.1.1 Dalam modifikasi ini dilakukan beberapa penambahan komponen, seperti *air kompresor*, generator oksigen, generator ozon, pompa sirkulasi untuk lebih lengkapnya akan dijelaskan pada 4.6.1.2. Selain itu terdapat penambahan 4 buah *butterfly valve* berukuran 3/4” untuk memutus aliran, 1 buah *three-way valve* berukuran 12” untuk mengontrol hasil pembuangan dari TRO *level monitor* dan 1 buah *non-return valve* berukuran 12” serta 2 buah *non-return valve* berukuran 3/4” untuk mencegah aliran masuk kembali lagi. Untuk lebih jelasnya, gambar dapat dilihat di lampiran.

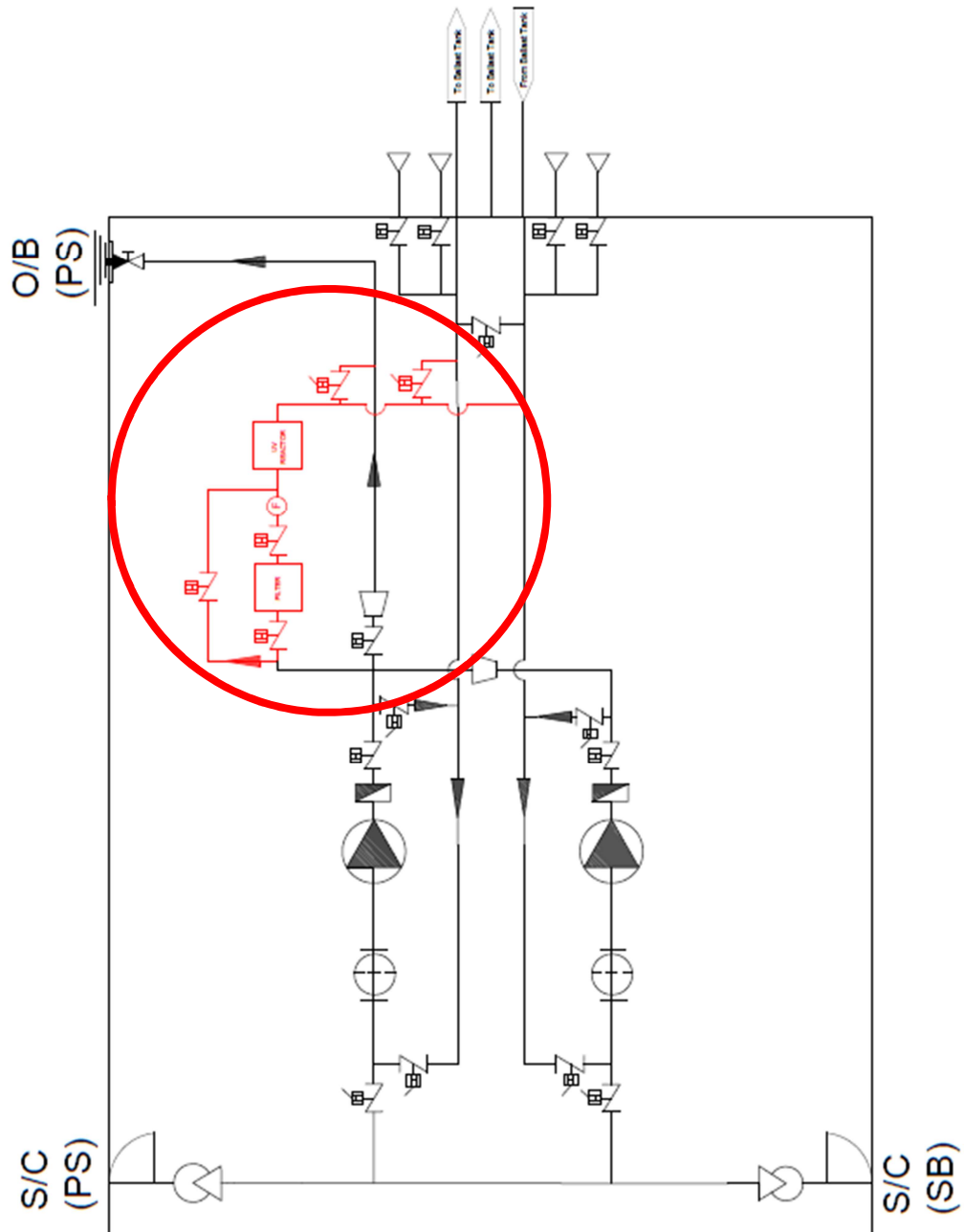


Gambar 4.6. Modifikasi P&ID Sistem Balas (Ozon)

4.4.2 Radiasi Ultraviolet

Hasil modifikasi sistem balas dapat dilihat lingkaran merah yang terlihat di Gambar 4.7. Lingkaran merah tersebut merupakan proses dimana air balas akan melewati *filter* dan UV reaktor terlebih dahulu untuk di-*treatment* sebelum masuk ke dalam tangki balas ataupun akan keluar melalui *overboard*. Untuk detail proses akan

dijelaskan pada 4.6.2.1. Pada modifikasi ditambahkan komponen reaktor ultraviolet dan filter yang spesifikasinya akan dijelaskan pada 4.6.2.2. Selain itu adanya penambahan *butterfly valve* berukuran 12” sebanyak 5 buah. Gambar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.7 Modifikasi P&ID Sistem Balas (Ultraviolet)

4.5. Modifikasi *Engine Room Layout*

Pada sub-bab ini akan dilakukan modifikasi kamar mesin *existing* kapal MT.XX untuk mengetahui peletakkan dari komponen-komponen BWTS dan cukup atau tidaknya kamar mesin kapal MT. XX setelah diinstal alat *ballast water treatment*.

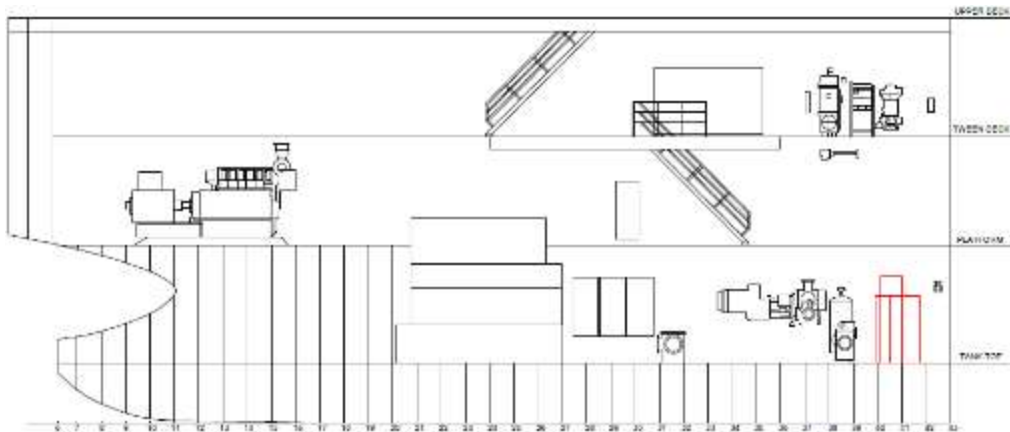
4.5.1 *Ozone Treatment*

Pada *engine room layout* kali ini akan ditambahkan komponen-komponen yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sistem BWT yang dipilih. Komponen-komponen tersebut diletakkan mulai dari *frame* 38 – 42 (dilingkari merah) pada kamar mesin kapal seperti tampak pada Gambar 4.8. Komponen-komponen tersebut sebenarnya tidak harus diletakkan dekat dengan pompa dan pipa balas utama, namun dikarenakan masih terdapat ruang yang cukup di daerah sekitar pompa dan pipa balas utama, maka komponen-komponen tersebut diletakkan di dekat pompa dan pipa balas utama. Selain itu, komponen-komponen bwt diletakkan saling berdekatan untuk memudahkan proses pengoperasian, perawatan, dan *monitoring*. Pada modifikasi ini dapat diketahui bahwa terdapat penambahan pipa berukuran 300A dan 20A sepanjang 34.08 m dan 8.1 m. Gambar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran. Keterangan untuk Gambar 4.7 adalah sebagai berikut:

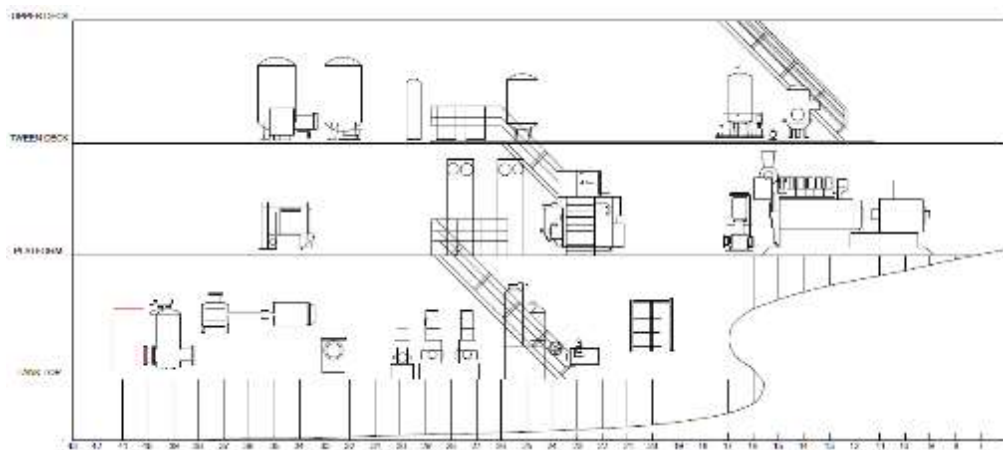
- ❖ A merupakan *air receiver* beserta filter udara.
- ❖ B merupakan *air receiver*
- ❖ C merupakan oksigen generator
- ❖ D merupakan oksigen *receiver*
- ❖ E merupakan ozon generator
- ❖ F merupakan *neutralizing agent* beserta TRO Level Monitor

Untuk spesifikasi masing-masing komponen dapat dilihat pada 4.6.1.2

Sedangkan untuk modifikasi *engine room layout* tampak samping dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9. Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Samping dari *Centerline* ke *Portside* (Ozon)



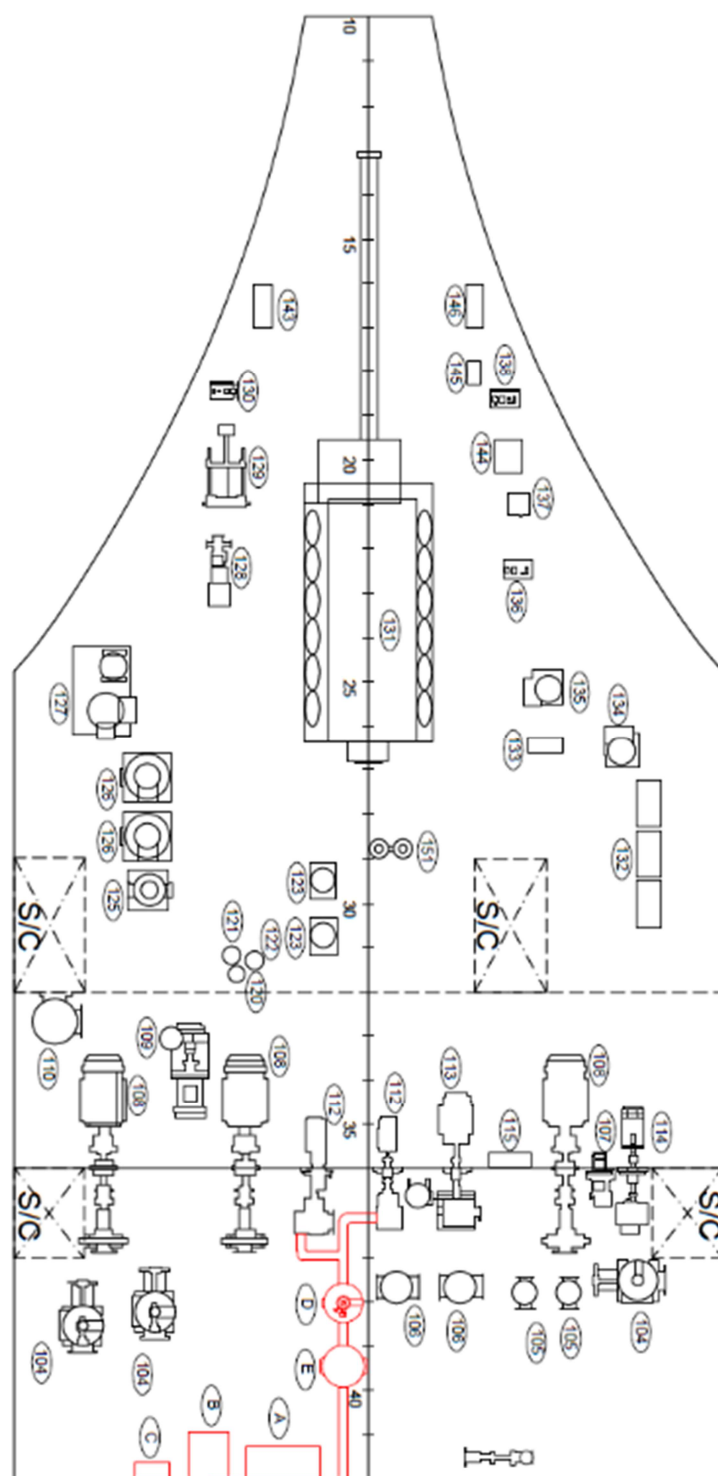
Gambar 4.10. Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Samping dari *Centerline* ke *Starboard* (Ozon)

4.5.2 Radiasi *Ultraviolet*

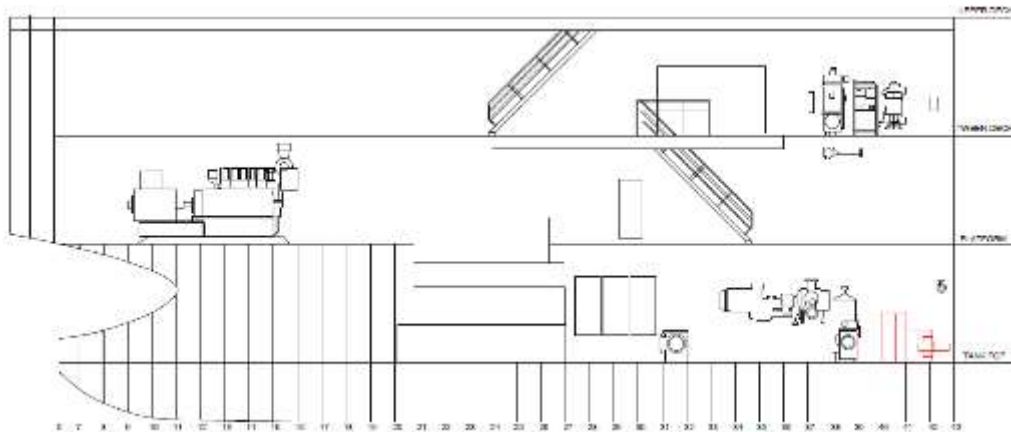
Pada modifikasi kali ini, kamar mesin akan ditambahkan komponen-komponen yang diperlukan untuk menjalankan Alfa Laval PureBallast. Komponen-komponen tersebut diletakkan mulai dari *frame* 39-42. Pada modifikasi ini dapat diketahui bahwa terdapat penambahan pipa berukuran 300A sepanjang 12.04 m. Gambar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran. Hasil modifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.11. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada Gambar 4.11.

- ❖ A merupakan *Lamp Drive Cabinet*
- ❖ B merupakan *CIP Unit*
- ❖ C merupakan *Control Cabinet*
- ❖ D merupakan *Filter*
- ❖ E merupakan *UV Reactor*

Spesifikasi masing-masing komponen dapat dilihat pada 4.6.2.2. Untuk gambar tampak samping dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.11 Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Atas (Ultraviolet)



Gambar 4.12 Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Samping dari *Centerline* ke *Portside* (Ultraviolet)

4.6. Analisa Teknis

Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai analisa teknis dari masing-masing komponen BWTS yang diinstal pada kapal MT.XX. Analisa teknis yang dilakukan adalah proses *ballast water treatment*, komponen-komponen yang dibutuhkan, dan tercukupi atau tidaknya generator *existing* pada kapal MT.XX.

4.6.1 Ozone Treatment

4.6.1.1 Proses *Ballast Water Treatment*

Berikut ini adalah langkah-langkah dari proses *ballast water treatment* menggunakan NK-O3 BlueBallast, yaitu:

- ❖ Saat proses *ballasting* dan sistem BWTS dinyalakan, udara akan ditransfer dari kompresor ke *air receiver*. Sebelum sampai ke *air receiver*, udara disaring terlebih dahulu menggunakan *filter* yang sudah terpasang pada kompresor, sehingga udara yang dihasilkan akan mengandung partikel dan kontaminan < 0.01 ppm.
- ❖ Udara akan ditampung pada *air receiver* sampai nantinya akan dialirkan ke *oxygen generator* untuk proses lebih lanjut
- ❖ Selanjutnya kandungan udara yang masuk ke *oxygen generator* akan dipisah antara oksigen dan nitrogen menggunakan sensor bentuk molekular, sehingga hanya oksigen saja yang dapat masuk ke *oxygen generator* dan nitrogen akan dibiarkan keluar.
- ❖ Lalu oksigen hasil dari *oxygen generator* akan ditampung di *oxygen receiver* sebelum nantinya akan dialirkan ke *ozone generator*.
- ❖ Oksigen yang tertampung dialirkan ke *ozone generator* untuk membantu proses pembuatan ozon. Oksigen yang masuk ke *ozone generator* akan melewati tabung-tabung bertegangan 3,500 V – 11,500 V, sehingga oksigen akan berubah menjadi ozon saat keluar dari *ozone generator*.

- ❖ Setelah ozon dihasilkan, ozon akan dialirkan ke pipa *side stream* untuk bercampur dengan sedikit air balas yang merupakan hasil hisapan dari pompa sirkulasi
- ❖ Ozon dan air balas yang bercampur di pipa *side stream* selanjutnya akan diinjeksikan ke pipa balas utama untuk bergabung dengan aliran air balas.
- ❖ Proses pembasmian bakteri pun terjadi di dalam tangki air balas akibat ozon dan disinfektan yang dihasilkan dari campuran ozon dan bromin.
- ❖ Saat proses *deballasting*, harus dipastikan bahwa air balas yang keluar dari kapal tidak berbahaya untuk lingkungan. Oleh karena itu, air balas yang akan di-*discharge* akan masuk ke *Total Residual Oxidant* (TRO) level monitor terlebih dahulu untuk dilihat jumlah kandungan klorin dalam air balas. Air balas boleh dikeluarkan dari kapal apabila kandungan klorin kurang dari 0,2 mg/L. Jika kandungan klorin dalam air balas lebih dari sama dengan 0,2 mg/L maka air balas harus melalui *neutralizing agent* terlebih dahulu sampai kandungan klorin pada air balas kurang dari 0,2 mg/L.

4.6.1.2 Perawatan Komponen

Perawatan untuk BWT NK-O3 BlueBallast terbagi menjadi tiga bagian, yaitu perawatan harian, bulanan, dan tahunan. Berikut ini adalah penjelasannya secara detail:

- ❖ Perawatan Harian
Melakukan inspeksi adanya kebocoran air dan gas pada sistem.
- ❖ Perawatan Bulanan
Mengkalibrasi instrumen pada sistem, memeriksa hubungan listrik, dan mengecek tanda-tanda peringatan yang tertera pada sistem.
- ❖ Perawatan Tahunan
Perawatan ini biasanya dilakukan secara tahunan atau setiap 4.000 jam operasi sistem. Pada perawatan jenis ini dilakukan penggantian filter udara, memeriksa sensor, memeriksa *safety valve*, dan lain-lain.

4.6.1.3 Komponen-komponen

Berikut ini adalah komponen-komponen yang digunakan dalam mengoperasikan NK-O3 BlueBallast, yaitu:

- ❖ *Air Compressor* dan *Filter*
Air compressor jenis ini sudah dilengkapi dengan *filter* di dalamnya sehingga udara yang keluar dari kompresor sudah tersaring terlebih dahulu. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:
 - Tekanan: 7,9 bar
 - Tipe: Screw
 - Dimensi (m): 1,69 x 1,43 x 2,19
- ❖ *Air Receiver*
Berfungsi untuk menampung udara bersih hasil keluaran kompresor. Berikut ini adalah spesifikasi dari *air receiver*:
 - Volume: 0,55 m³
 - Diameter: 0,69 m
 - Tinggi: 2.85 m

❖ *Oxygen Generator*

Oxygen generator jenis ini dilengkapi dengan sensor bentuk molecular untuk memisahkan oksigen dan nitrogen. Berikut ini adalah spesifikasinya:

- Kapasitas: 8.4 m³/h
- Outlet Pressure: 4 – 6 bar
- Suhu: -70°C
- *Filtration Grade*: 0.01 micron
- Dimensi (m): 1,06 x 0,97 x 2,20
- Tingkat kemurnian oksigen: 90%

❖ *Oxygen Receiver*

Berfungsi untuk menampung oksigen hasil keluaran *oxygen generator*. Berikut ini adalah spesifikasi dari *air receiver*:

- Volume: 0,55 m³
- *Design Pressure*: 6.6 bar
- Diameter: 0,695 m
- Tinggi: 2.85 m

❖ *Ozone Generator*

Berfungsi untuk menghasilkan ozon. *Ozone generator* jenis ini sudah dilengkapi dengan *ozone destructor* yang berguna untuk mengubah ozon menjadi oksigen apabila ozon yang dihasil berlebih. Selain itu, juga dilengkapi dengan *water chiller* yang berguna untuk mendinginkan *ozone generator*. Berikut ini adalah spesifikasi dari *ozone generator*:

- Kapasitas: 1.4 x 10⁻⁵ m³/h (Perhitungan ada di lampiran)
(note: kapasitas tidak ada di spek namun untuk mengetahui dilakukan perhitungan kasar)
- Output Generator: 2,5 mg/L
- 3.500 V– 11.500 V tabung – tabung elektrikal
- Dimensi (m): 1,73 x 1,23 x 2,80

❖ *Neutralizing Agent & TRO Level Monitor*

Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

- Hasil keluaran: *sodium bisulfat*
- Dimensi (m): 1,59 x 0,96 x 2,22

❖ *Pompa Sirkulasi*

Berguna untuk menghisap sebagian kecil air balas yang nantinya digunakan untuk dicampur dengan ozon. Berikut ini adalah spesifikasinya:

- Kapasitas: 1.4 x 10⁻⁵ m³/h (Perhitungan ada di lampiran)
(note: kapasitas tidak ada di spek namun untuk mengetahui dilakukan perhitungan kasar)

4.6.1.4 Kebutuhan Listrik

Seperti yang kita ketahui bahwa sumber listrik dari kapal berasal dari generator. Dengan menambahkan sebuah komponen pada kapal MT.XX, artinya kebutuhan listrik pada kapal itu juga akan meningkat. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut tentunya akan mempengaruhi generator *existing* pada kapal. Oleh karena itu, perhitungan kebutuhan listrik perlu dilakukan kembali guna untuk mencari tahu apakah generator yang sudah terinstal pada kapal MT.XX masih mampu memenuhi kebutuhan listrik kapal tersebut setelah dilakukannya penambahan komponen *ballast water treatment*.

Perhitungan kali ini dibutuhkan sebuah *electrical load analysis* seperti contoh yang diberikan pada Gambar 2.12. PT. Pertamina telah melakukan perhitungan *electrical load analysis* untuk kapal MT.XX sebelum kapal dilengkapi dengan komponen *ballast water treatment*, hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.8 dimana terlihat terdapat 4 kondisi operasi utama kapal, yaitu saat berlayar (*sea going*), meninggalkan pelabuhan (*maneuvering*), bongkar muat (*cargo operation*), dan pelabuhan (*harbor*).

Tabel 4.8 Perhitungan *Electrical Load Analysis* oleh PT. Pertamina

ITEM		Sea going	Manuvering	Cargo Operation	Harbour	Emergen-cy
Intermittent load (kW)	Total	240.04	305.44	290.2	189.11	70.7
	Diversity factor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Demand power	168	213.8	203.1	132.4	49.5
Continuous load (kW)	Demand power	418.22	487.82	1252.63	393.77	62.5
Total continuous & intermittent load		586.25	701.63	1455.73	526.15	111.99
Design margin (2%) (kW)		11.73	14.03	29.11	10.52	2.24
Total demand power with provision for design margin (kW)		597.98	715.66	1484.84	536.67	114.23

Sumber: PT. Pertamina

Namun pada kasus ini, perhitungan ulang hanya akan difokuskan pada bagian saat kondisi bongkar muat saja, mengingat bahwa komponen BWTS ditambahkan pada kondisi saat kapal melakukan bongkar muat (*cargo operation*). Oleh karena itu, perhitungan pada kondisi bongkar muat berubah menjadi seperti ditunjukkan Tabel 4.9 dimana dilakukan penambahan konsumsi daya listrik komponen BWTS pada bagian *continuous load* (CL) dengan rumus sebagai berikut. Rumus-rumus dibawah ini dapat dilihat secara detail pada sub-bab 2.13.

$$\diamond \text{ CL baru} = \text{CL awal} + (\text{Load Factor} \times \text{Konsumsi daya komponen baru}) \dots (4.1)$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, ditemukanlah nilai CL baru yang digunakan untuk mencari *total demand power* baru kapal MT.XX pada kondisi bongkar muat yang dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\diamond \text{ Total demand power} = \text{Total IL \& CL} \times (1 + \text{design margin}) \dots (4.2)$$

Setelah rumus-rumus sudah diberikan, berikut ini adalah perhitungan menggunakan rumus-rumus tersebut:

$$\begin{aligned} \diamond \text{ CL baru} &= 1252.63 + (0.85 \times 50) \\ &= 1295.13 \text{ kW} \end{aligned}$$

Nilai *load factor* terdapat pada lampiran, sedangkan nilai konsumsi daya komponen BWTS dapat dilihat pada Tabel 4.6. Sehingga nilai *total demand power* baru adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\diamond \text{ Total demand power} &= 1498.23 + (1 \times 2\%) \\ &= 1528.19 \text{ kW}\end{aligned}$$

Nilai *design margin* menggunakan 2%, sesuai dengan perhitungan PT. Pertamina sebelumnya. Untuk lebih jelasnya dapat melihat Tabel 4.9 dan lampiran.

Tabel 4.9 Perhitungan Kembali *Electrical Load Analysis (Ozone)*

ITEM		Cargo Operation
Intermitten load (kW)	Total	290.2
	Diversity factor	0.7
	Demand power	203.1
Continous load (kW)	Demand power	1295.13
Total continous & intermitten load		1498.23
Design margin (2%) (kW)		29.96
Total demand power with provision for design margin (kw)		1528.19

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan *load faktor* pada kondisi bongkar muat dengan menggunakan rumus berikut:

$$\diamond \text{ Load Factor} = \text{Total daya yang dibutuhkan} / \text{Total daya yang dihasilkan generator} \dots \dots \dots (4.3)$$

Sehingga, hasil dari perhitungan *load faktor* menggunakan rumus tersebut adalah:

$$\begin{aligned}\diamond \text{ Load Factor} &= 1529.19 / (850 \times 3) \\ &= 89.89\%\end{aligned}$$

Seperti tertulis pada sub-bab 2.13, bahwa nilai *load faktor* tidak boleh melebihi 85% untuk kondisi berlayar untuk memperhatikan keselamatan kapal. Namun pada kasus ini, perhitungan *load faktor* dilakukan pada kondisi bongkar muat, oleh karena itu nilai tersebut masih diizinkan.

Hal terakhir yang perlu dihitung adalah *load analysis* saat kondisi *start*. Perhitungan ini membutuhkan nilai terbesar konsumsi daya diantara semua komponen yang berada pada sebuah kapal. Untuk kapal MT.XX, nilai terbesarnya adalah konsumsi daya untuk pompa bongkar muat yang bernilai 342 kW. Dikarenakan komponen BWT bukan merupakan komponen dengan nilai konsumsi daya terbesar, maka tidak terjadi perubahan signifikan dalam perhitungan *load analysis* saat kondisi *start*. Berikut ini adalah perhitungan *load analysis* saat kondisi *start*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

$$\begin{aligned}\diamond \text{ Daya Start} &= \text{Total daya bongkar muat (tanpa pompa bongkar muat)} + \text{daya pompa bongkar muat} \dots \dots \dots (4.4) \\ \text{Daya Start} &= 1125.5 + (362 \times 3) \\ &= 2211.5 \text{ kW}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan daya *start*, dilakukan perhitungan efisiensi generator dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\begin{aligned}\diamond \text{ Efisiensi Generator} &= \text{Daya start} / \text{Total Daya Generator} \dots \dots \dots (4.5) \\ \text{Efisiensi Generator} &= 2211.5 / (850 \times 3) \\ &= 86.73\%\end{aligned}$$

Nilai tersebut masih diperbolehkan, artinya generator *existing* masih mencukupi kebutuhan listrik kapal setelah dilengkapi oleh komponen *ballast water treatment* NK-O3.

4.6.2 Radiasi Ultraviolet

4.6.2.1 Proses *Ballast Water Treatment*

Berikut ini adalah langkah-langkah dari proses *ballast water treatment* menggunakan Alfa Laval PureBallast 3.1, yaitu:

- ❖ Pada saat proses *ballasting*, air dihisap masuk dan langsung dialirkan ke sebuah *filter* untuk menyaring mikroorganisme berukuran 50 µm atau lebih besar.
- ❖ Setelah keluar dari *filter*, air balas akan masuk ke sebuah UV *reactor* untuk di-*treatment* oleh sinar-sinar *ultraviolet*. Lalu air balas akan masuk ke dalam tangki balas.
- ❖ Setelah proses *ballasting* selesai, akan dilakukan proses pembilasan UV *reactor* dengan menggunakan air murni oleh komponen *Cleaning-in-Place* (CIP). Proses ini harus dilakukan maksimal 30 jam setelah proses *ballasting* selesai.
- ❖ Pada saat proses *deballasting* dilakukan, air balas akan di-*treatment* kembali. Namun, pada *treatment* kali ini, air balas tidak akan melewati *filter* melainkan langsung menuju UV *reactor*. Sehingga air balas akan langsung dipompa dari tangki balas menuju UV *reactor*.
- ❖ Saat proses *treatment* berlangsung, *filter* akan dibersihkan menggunakan *automatic backflushing* yang merupakan bagian dari *filter* tersebut.

4.6.2.2 Perawatan Komponen

Perawatan untuk BWT Alfa Laval PureBallast 3.1 terbagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- ❖ Inspeksi *filter* setahun sekali
- ❖ Penggantian lampu UV setiap 3000 jam pemakaian
- ❖ Penggantian cairan fluida CIP setahun sekali atau saat nilai pH sudah mencapai 3.

4.6.2.3 Komponen-komponen

Berikut ini adalah komponen-komponen yang digunakan dalam mengoperasikan Alfa Laval PureBallast 3.1, yaitu:

- ❖ UV *reactor*
Berguna untuk membasmi bakteri menggunakan sinar *ultraviolet*. Berikut ini adalah spesifikasinya.
 - Kapasitas: 600 m³/h
 - Bahan: 254 SMO *steel*
 - Dimensi (mm): 855 x 765 x 1400
- ❖ Lamp Drive Cabinet
Berguna untuk memberi daya ke lampu pada UV *reactor*. Diletakkan terpisah dengan *reactor* dan dapat berpisah jarak maksimal 150 m. Berikut ini adalah spesifikasinya:

- Dimensi (mm): 1350 x 610 x 2000
- ❖ *Cleaning-in-Place (CIP)*
Berguna untuk membersihkan UV *reactor*. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:
 - Dimensi (mm): 740 x 870 x 1800
- ❖ *Control Cabinet*
Berguna untuk menyalakan, mematikan, dan juga mengontrol kerja *ballast water treatment*. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Dimensi (mm): 650 x 310 x 1100
- ❖ *Filter*
Berguna untuk menyaring mikroorganisme berukuran 50 μm atau lebih besar sebelum air balas masuk ke UV *reactor*. Berikut ini adalah spesifikasinya:
 - Kapasitas: 750 m^3/h
 - Dimensi (mm): 730 x 715 x 1579

4.6.2.4 Kebutuhan Listrik

Seperti pada sub-bab 4.6.1.4, kali ini akan dilakukan perhitungan ulang kebutuhan listrik saat kapal MT.XX diinstal Alfa Laval PureBallast 3.1 dengan konsumsi daya sebesar 63 kW. Langkah-langkah perhitungan yang dilakukan sama seperti sub-bab 4.6.1.4. Oleh karena itu, pada Tabel 4.10 dapat dilihat hasil dari perhitungan ulang *electrical load analysis* pada kondisi kapal bongkar muat, sehingga dihasilkan *total demand power* nya adalah 1539.47

Tabel 4.10 Perhitungan Kembali *Electrical Load Analysis (Ultraviolet)*

ITEM		Cargo Operation
Intermittent load (kW)	Total	290.2
	Diversity factor	0.7
	Demand power	203.1
Continous load (kW)	Demand power	1306.18
Total continous & intermittent load		1509.28
Design margin (2%) (kW)		30.19
Total demand power with provision for design margin (kw)		1539.47

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan *load faktor* pada kondisi bongkar muat dengan menggunakan persamaan 4.3. Dengan menggunakan rumus tersebut akan mendapatkan hasil 90.56%. Seperti tertulis pada sub-bab 2.13, bahwa nilai *load factor* tidak boleh melebihi 85% untuk kondisi berlayar untuk memperhatikan keselamatan kapal. Sama halnya dengan pemakaian *ballast water treatment* NK-O3 pada sub-bab 4.6.1.4, perhitungan *load factor* dilakukan pada kondisi bongkar muat, oleh karena itu nilai tersebut masih diizinkan.

Lalu perlu dilakukan perhitungan *load analysis* saat kondisi *start*. Dibutuhkan nilai terbesar konsumsi daya diantara semua komponen yang berada pada sebuah kapal. Untuk kapal MT.XX, nilai terbesarnya adalah konsumsi daya untuk pompa bongkar muat yang bernilai 342 kW. Dikarenakan komponen BWT bukan merupakan komponen dengan nilai konsumsi daya terbesar, maka tidak terjadi perubahan signifikan dalam perhitungan *load analysis* saat kondisi *start*. Berikut ini adalah perhitungan *load analysis* saat kondisi *start* menggunakan persamaan 4.4. Dengan

menggunakan rumus tersebut, didapatkan hasil 2222.55 kW, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

Setelah mendapatkan daya *start*, dilakukan perhitungan efisiensi generator menggunakan persamaan 4.5. Dari rumus tersebut, didapatkan hasil 87.16%. Nilai tersebut masih diperbolehkan, artinya generator *existing* masih mencukupi kebutuhan listrik kapal setelah dilengkapi oleh komponen *ballast water treatment* Alfa Laval.

4.7 Project Schedule NK-O3 BlueBallast dan Alfa Laval PureBallast 3.1

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai penjadwalan dari pemasangan *ballast water treatment*, mulai dari proses *pre-research* sampai dengan dilakukannya *performance test*. Sebuah penjadwalan digunakan untuk mengetahui estimasi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemasangan sebuah komponen. Estimasi waktu tersebut nantinya dapat berguna untuk melakukan analisa ekonomi dari pemasangan sebuah komponen karena waktu mempengaruhi beberapa biaya pemasangan komponen, seperti jasa pemasangan, *floating charge*, dan lain-lain. Secara umum, penjadwalan NK-O3 BlueBallast sama dengan Alfa Laval PureBallast 3.1, hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan untuk 4.12, untuk lebih jelasnya dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.11 Penjadwalan Tahapan Pemasangan BWTS

Project Schedule																	
Engineering of BWMS										Design							
Pre-Research										Decide Modification Spec. & Basic Drawing							
Onboard Survey										Make Approval Drawing							
Cost Estimation										Make Working Drawings							
										Order BWMS Equipment							
										Order Other Equipment (Pipes, Valves, Electrical Cable, etc.)							
-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Weeks																	

Tabel 4.12 Detail Pemasangan dan *Performance Test* BWTS

Project Schedule						
BWMS Installation						
Supporter & Seat Preparation						
			NK-O3/Alfa Laval Equipment Installation			
				Cable & Piping Work		
1	2	3	4	5	6	7
Days						
Project Schedule						
On-Board & Performance Test						
Performance Test						
Crew Training						
1	2	3	4	5	6	7
Days						

4.8 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu biaya instalasi, biaya operasi, dan *future value* dari nilai penyusutan.

4.8.1 Ozone Treatment

4.8.1.1 Biaya Instalasi

Di dalam biaya instalasi NK-O3 030 terdapat biaya-biaya seperti biaya komponen, jasa pemasangan, pengiriman, pipa, *fitting*, kabel, *approval*, pajak, dan lainnya. Untuk detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.13. Semua biaya tersebut berpatokan pada sebuah laporan asal perusahaan Kanada, kecuali biaya pipa, *fitting*,

dan pajak. Untuk pipa dan *fitting* data diambil dari sebuah daftar harga galangan kapal RUKINDO dan untuk panjang pipa dan jumlah *valve* diambil dari sub-bab 4.5.1 dan 4.4.1 Sedangkan, perhitungan pajak dilakukan secara terpisah pada Tabel 4.14 menggunakan rumus yang tertulis pada Tabel 2.7.

Tabel 4.13 Biaya Instalasi NK-O3 030

Biaya Instalasi						
No.	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
BWTS System Hardware						568,491
1	Air Compressor & Filter	1. Tipe screw 2. Tekanan: 7.9 bar 3. Filtration Grade: 0.01 mikron	1	buah	MAKER PACKAGE	440,998.95
2	Air Receiver	1. Volume: 0.55 m ³ 2. Design Pressure: 6,6 bar	1	buah		
3	Oxygen Generator	1. Kapasitas: 7.1 m ³ /h 2. Outlet Pressure: 4-6 bar 3. Suhu: -70 C 4. Filtration Grade: 0.01 mikron Tingkat kemurnian oksigen: 90%	1	buah		
4	Oxygen Receiver	1. Volume: 0.55 m ³ 2. Design Pressure: 6,6 bar	1	buah		
5	Ozone Generator	1. Output Generator: 2.5 mg/L	1	buah		
6	Neutralizing Agent & TRO Level Monitor	1. Output: sodium bisulfat	1	buah		
7	Jasa Pemasangan	Estimasi Pemasangan 1 minggu	7	hari	2,592	19,051.20
8	BWTS sparepart	5% dari harga peralatan BWTS				24,254.94
9	Pajak BWTS	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah				18,000.00
Pengiriman & OEM						18,000.00
Kelistrikan						13,613.60
1	Kabel	5% dari Total BWTS System Hardware				4,088.00
2	Jasa Pemasangan	50% jasa pemasangan sistem	7	hari	1,296	9,525.60
Perpipaan dan Fitting						9,294.98
1	Pipa 1	Stainless steel 300A Sch 40	34.08	m	251.16	8,559.44
	Pipa 2	Stainless steel 20A Sch 40	8.1	m	15.49	125.43
2	Elbow 1	Galvanized 12"	9	buah	37.36	336.28
	Elbow 2	Galvanized 3/4"	19	buah	5.13	97.51
3	Butterfly Valve	3/4" valve	4	buah	21.21	84.82
4	Globe Valve 1	12" valve	2	buah	37.27	74.54
	Globe Valve 2	3/4" valve	2	buah	8.48	16.96
Approval Cost						4,642.86
Floating Charges		Estimasi waktu 1 minggu	7	hari	174.73	1,223.13
Design/Modification System and Inspection		5% dari Total BWTS System Hardware				28424.56
Total						643,690.37

Seperti terlihat pada Tabel 4.13, total dari biaya instalasi untuk NK-O3 030 adalah 643,690.37 USD.

Tabel 4.14 Perhitungan Pajak Komponen NK-O3 030

Perhitungan Pajak			
No.	Biaya	Nilai	Mata Uang
1	Biaya alat (C) =	440,998.95	USD
2	Biaya angkut (F) =	18,000.00	USD
3	Asuransi (I) = $0.5\% \times (C+F)$	2294.99	USD
4	Nilai Pabean (NP) = $(C+F+I) \times 14,000$	6,458,115,226.50	Rp
5	Bea Masuk (BM) = $7.5\% \times NP$	484,358,641.99	Rp
6	Nilai Impor (NI) =	6,942,473,868.49	Rp

	NP + BM		
7	PPN =	694,247,386.85	Rp
	10% x NI		
8	PPh Impor =	694,247,386.85	Rp
	10% x NI		
9	Total BM dan PDRI yang harus dibayarkan =	1,178,606,028.84	Rp
	BM + PPN		

4.8.1.2 Biaya Operasi

Di dalam biaya operasi terdapat biaya untuk melakukan perawatan material dan penambahan biaya perawatan pekerja, serta biaya konsumsi bahan bakar. Untuk detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.15. Perhitungan mengenai konsumsi bahan bakar akan dilakukan pada Tabel 4.16 menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada Tabel 2.8. Biaya konsumsi bahan bakar berhubungan dengan konsumsi listrik komponen itu.

Tabel 4.15 Biaya Operasi NK-O3 030

Biaya Operasional						
No	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
1	Biaya perawatan (pekerja)	15% dari jasa pemasangan komponen BWTS	-	-	-	2857.68
2	Biaya perawatan (material)	5%/tahun dari total biaya instalasi	-	-	-	22682.31
3	Biaya konsumsi bahan bakar	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah	1	Operasi	120.87	120.87

Tabel 4.16 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar NK-O3 030

Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar				
No	Perhitungan / Data	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Konsumsi daya alat	Spesifikasi BWTS	50	kW
2	Durasi <i>ballasting</i> $t = V/Q$	$t = 11,422/600$	19.04	jam
3	Konsumsi energi alat $kWh = P \times t$	$kWh = 50 \times 19.04$	951.83	kWh

4	SFOC	Spesifikasi generator	189	g/kWh
5	Konsumsi bahan bakar untuk BWTS (ton)	Konsumsi bahan bakar = $951.83 \times 189 \times 10^{-6}$	0.18	ton
	Konsumsi bahan bakar = konsumsi energi x SFOC x 10^{-6}			
6	Harga bahan bakar MDF	bunkerindex.com	671.86	USD/MT
7	Biaya konsumsi bahan bakar	Biaya = 0.18×671.86	120.87	USD
	Biaya = Konsumsi bahan bakar x harga bahan bakar MDF			

4.8.1.3 Nilai Penyusutan dan *Future Value*

Pada sub-bab kali ini akan dihitung biaya yang harus ditabung pertahunnya untuk mempersiapkan nilai penyusutan dari komponen NK-O3 030. Untuk mengetahui nilai yang harus ditabung pada masa mendatang, maka digunakan rumus *future value* yang terkandung pada persamaan 2.5 sub-bab 2.12. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan tahun pertama, namun sebelumnya terdapat hal-hal yang perlu diketahui dalam menghitung *future value* pada tabel 4.17, seperti nilai suku bunga, estimasi manfaat BWTS dan biaya *hardware* BWTS. Perhitungan detailnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.17 Skenario Perhitungan *Future Value* NK-O3 030

Skenario			
No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Suku Bunga (i)	5.25	%
	Sumber: bi.go.id		
2	Estimasi masa manfaat BWTS	15	Tahun
3	<i>Future Value</i> = $P(1+i)^n$	Lihat tabel untuk detail	-
4	Biaya <i>hardware</i> BWTS	568,491.24	USD

Berikut ini adalah contoh perhitungan *future value* di tahun pertama:

$$\begin{aligned}
 \diamond \text{ FV} &= P(\text{Nilai Penyusutan}) \times (1+i)^n \\
 &= (568,491.24/15) \times (1+5.25\%)^1 \\
 &= 39,889.14 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada tahun pertama biaya yang harus ditabung adalah 39,889.14 USD.

4.8.2 Radiasi Ultraviolet

4.8.2.1 Biaya Instalasi

Perhitungan biaya instalasi untuk Alfa Laval dilakukan melalui tahapan yang sama dengan sub-bab 4.8.1.1. Hasil biaya instalasi adalah 441,061.42 USD, untuk detailnya akan ditunjukkan pada Tabel 4.18 dan lampiran. Perhitungan pajak dilakukan secara terpisah dan ditunjukkan pada Tabel 4.19, dimana hasil pajak yang harus dibayarkan adalah 54.981.68 USD.

Tabel 4.18 Biaya Instalasi Alfa Laval PureBallast 3.1

Biaya Instalasi						
No.	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
BWTS System Hardware						371,301
1	Filter	1. Kapasitas: 750 m ³ /h 2. Filtration Grade: 0.01 mikron	1	buah	MAKER PACKAGE	281,770.65
2	UV Reactor	1. Tipe Reaktor: PureBallast 3.1 600 m ³ /h 2. Kapasitas: 600 m ³ /h	1	buah		
3	Lamp Drive Cabinet	Power Supply Voltage :400-440 VAC;50/60 Hz	1	buah		
4	Control Cabinet	Power Supply Voltage :400-440 VAC;50/60 Hz	1	buah		
5	CIP Unit	-	1	buah		
6	Jasa Pemasangan	Estimasi Pemasangan 1 minggu	7	hari	2,592	19,051.20
7	BWTS sparepart	5% dari harga peralatan BWTS				15,497.39
8	Pajak BWTS	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah				54,981.68
Pengiriman & OEM						18,000.00
Kelistrikan						23,614.13
1	Kabel	5% dari Total BWTS System Hardware				14,088.53
2	Jasa Pemasangan	50% jasa pemasangan sistem	7	hari	1,296	9,525.60
Perpipaan dan Fitting						3,670.34
1	Pipa	Stainless steel 300A Sch 40	12.04	m	251.16	3,023.93
2	Elbow	Galvanized 12"	4	buah	37.36	149.46
3	Butterfly Valve	12" valve	5	buah	99.39	496.95
Approval Cost						4,642.86
Floating Charges		Estimasi waktu 1 minggu	7	hari	174.73	1,223.13
Design/Modification System and Inspection		5% dari Total BWTS System Hardware				18565.05
Total						441,016.42

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 4.18, dapat dilihat bahwa biaya instalasi Alfa Laval lebih murah dibandingkan NK-O3.

Tabel 4.19 Perhitungan Pajak Komponen Alfa Laval PureBallast 3.1

Perhitungan Pajak			
No.	Biaya	Nilai	Mata Uang
1	Biaya alat (C) =	281,770.65	USD
2	Biaya angkut (F) =	18,000.00	USD
3	Asuransi (I) =	1498.85	USD
	0.5% x (C+F)		
4	Nilai Pabean (NP) =	4,217,773,045.50	Rp
	(C+F+I) x 14,000		
5	Bea Masuk (BM) =	316,332,978.41	Rp
	7.5% x NP		
6	Nilai Impor (NI) =	4,534,106,023.91	Rp
	NP + BM		
7	PPN =	453,410,602.39	Rp

	10% x NI		
8	PPH Impor =	453,410,602.39	Rp
	10% x NI		
9	Total BM dan PDRI yang harus dibayarkan =	769,743,580.80	Rp
	BM + PPN		

4.8.2.2 Biaya Operasi

Sama halnya dengan NK-O3, Di dalam biaya operasi Alfa Laval juga terdapat biaya untuk melakukan perawatan material dan penambahan biaya perawatan pekerja, serta biaya konsumsi bahan bakar. Untuk detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.20. Perhitungan mengenai konsumsi bahan bakar akan dilakukan pada Tabel 4.21 menggunakan rumus-rumus yang terdapat pada Tabel 2.8. Biaya konsumsi bahan bakar berhubungan dengan konsumsi listrik komponen itu.

Tabel 4.20 Biaya Operasi Alfa Laval PureBallast 3.1

Biaya Operasional						
No	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
1	Biaya perawatan (pekerja)	15% dari jasa pemasangan komponen BWTS	-	-	-	2857.68
2	Biaya perawatan (material)	5%/tahun dari total biaya instalasi	-	-	-	14944.15
3	Biaya konsumsi bahan bakar	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah	1	Operasi	304.58	304.58

Tabel 4.21 Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar PureBallast 3.1

Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar				
No	Perhitungan / Data	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Konsumsi daya alat	Spesifikasi BWTS	126	kW
2	Durasi <i>ballasting</i> $t = V/Q$	$t = 11,422/600$	19.04	jam
3	Konsumsi energi alat $kWh = P \times t$	$kWh = 126 \times 19.04$	2398.62	kWh
4	SFOC	Spesifikasi generator	189	g/kWh
5			0.45	ton

	Konsumsi bahan bakar untuk BWTS (ton)	Konsumsi bahan bakar = $2398.62 \times 189 \times 10^{-6}$		
	Konsumsi bahan bakar = konsumsi energi x SFOC x 10^{-6}			
6	Harga bahan bakar MDF	bunkerindex.com	671.86	USD/MT
7	Biaya konsumsi bahan bakar	Biaya = 0.45×671.86	304.58	USD
	Biaya = Konsumsi bahan bakar x harga bahan bakar MDF			

Seperti terlihat pada Tabel 4.21 bahwa nilai konsumsi daya alat Alfa Laval PureBallast adalah 126 kW yang merupakan dua kali dari 63 kW. Nilai konsumsi daya tersebut dikali dua dikarenakan *ballast water treatment* Alfa Laval PureBallast harus dilakukan 2 kali, yaitu saat proses *ballasting* dan *deballasting*, berbeda halnya dengan NK-O3 yang hanya melakukan proses *treatment* pada saat *ballasting* saja. Hal tersebut membuat biaya operasi Alfa Laval lebih mahal dibandingkan biaya operasi NK-O3.

4.8.2.3 Nilai Penyusutan dan *Future Value*

Perhitungan dilakukan sama dengan tahapan pada sub-bab 4.8.1.3. Perhitungan menggunakan rumus penyusutan nilai dan *future value* yang terkandung pada persamaan 2.5 sub-bab 2.12. Dibawah ini merupakan contoh perhitungan tahun pertama, namun sebelumnya terdapat hal-hal yang perlu diketahui dalam menghitung *future value* pada tabel 4.22, seperti nilai suku bunga, estimasi manfaat BWTS dan biaya *hardware* BWTS. Perhitungan detailnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.22 Skenario Perhitungan *Future Value* Alfa Laval PureBallast 3.1

Skenario			
No.	Keterangan	Nilai	Satuan
1	Suku Bunga (i)	5.25	%
	Sumber: bi.go.id		
2	Estimasi masa manfaat BWTS	15	Tahun
3	<i>Future Value</i> = $P(1+i)^n$	Lihat tabel untuk detail	-
4	Biaya <i>hardware</i> BWTS	371,300.92	USD

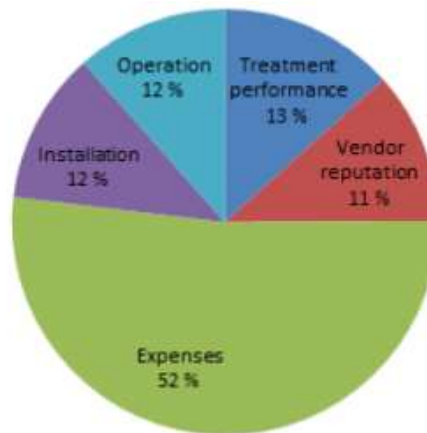
Berikut ini adalah contoh perhitungan *future value* di tahun pertama:

$$\begin{aligned}
 \diamond \text{ FV} &= P(\text{Nilai Penyusutan}) \times (1+i)^n \\
 &= (371,300.92/15) \times (1+5.25\%)^1 \\
 &= 26,052.95 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, pada tahun pertama biaya yang harus ditabung adalah 26,052.95 USD.

4.9 Analisa Pemilihan

Setelah selesai melakukan analisa teknis dan ekonomis, selanjutnya akan dilakukan pemilihan *ballast water treatment* untuk dipasang pada kapal MT.XX. Pemilihan dilakukan dengan beberapa parameter yang masing-masing memiliki bobot. Pembobotan tersebut akan dikalikan dengan skor masing-masing BWTS untuk melihat BWTS mana yang mendapat skor dengan nilai tertinggi di akhir penilaian. Bobot parameter dapat dilihat pada Gambar 4.13, dimana biaya merupakan parameter dengan nilai pembobotan tertinggi senilai 52%, diikuti dengan *treatment performance* senilai 13%, selanjutnya instalasi dan operasi dari metode yang digunakan senilai 12%, dan yang paling kecil adalah reputasi vendor sebesar 11%. Pada Tabel 4.23 dapat dilihat hasil dari pemilihan *ballast water treatment* dengan menggunakan parameter dan pembobotan yang terdapat pada Gambar 4.13. Untuk lebih jelas, tabel 4.23 dapat dilihat di lampiran.



Gambar 4.13 Nilai Pembobotan Setiap Kriteria

Sumber: *Decision-Making Tool for Ballast Water Management Systems*, 2012

Tabel 4.23 Hasil Pemilhan BWTS

No.	Parameter Pemilihan	Bobot Total	Rincian Parameter	Bobot/Rincian Parameter	Skor		Keterangan	Skor x Bobot	
					UV	Ozon		UV	Ozon
1	Kinerja BWTS	13%	a. Sudah di- <i>approve</i> oleh IACS	6.5%	1	1	Keduanya sudah di- <i>approve</i>	6.5%	6.5%
			b. Sesuai dengan kapasitas pompa ballas utama	6.5%	1	1	Kedua BWTS dipilih berdasarkan kapasitas pompa ballas utama	6.5%	6.5%
2	Instalasi	12%	a. Ruang untuk penyimpanan zat aktif	2.4%	1	1	Keduanya memiliki ruang penyimpanan zat aktif	2.4%	2.4%
			b. Memungkinkan untuk instalasi di <i>pump room</i>	2.4%	1	1	Keduanya dapat di- <i>install</i> di <i>pump room</i>	2.4%	2.4%
			c. Memungkinkan untuk instalasi di <i>engine room</i>	2.4%	1	1	Keduanya dapat di- <i>install</i> di <i>engine room</i>	2.4%	2.4%
			d. Tersedianya ruang khusus	2.4%	1	1	Tidak dibutuhkan ruang khusus	2.4%	2.4%
			e. Instalasi dapat dilakukan tanpa <i>dry-docking</i>	2.4%	1	1	Instalasi kedua BWTS dapat dilakukan tanpa <i>dry-docking</i>	2.4%	2.4%
3	Operasi	12%	a. Tersedianya sistem yang aman	2%	1	1	Keduanya memiliki sistem yang aman	2%	2%
			b. Dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	1	1	Keduanya dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	2%
			c. Menggunakan zat aktif untuk <i>treatment</i>	2%	1	1	Keduanya menggunakan zat aktif dan sudah <i>comply</i> dengan aturan	2%	2%
			d. <i>Treatment</i> dilakukan hanya sekali/operasi	2%	0	1	<i>Treatment</i> ozon dilakukan sekali, namun UV dilakukan dua kali	0%	2%
			e. Konsumsi energi maksimum (kwh/m ³)	2%	0.39	1	Konsumsi energi ozon lebih sedikit dibandingkan dengan UV	0.78%	2%
			f. Dibutuhkannya filter	2%	0	1	Ozon tidak membutuhkan filter	0%	2%
4	Reputasi Vendor	11%	Sudah di- <i>approve</i> oleh IACS	11%	1	1	Kedua BWTS sudah di- <i>approve</i>	11%	11%
5	Biaya	52%	a. CAPEX	26%	1	0.69	CAPEX ozon lebih tinggi dibanding UV	26%	17.94%
			b. OPEX	26%	1	0.71	OPEX ozon lebih tinggi dibanding UV	26%	18.46%
Total =								94.78%	84.40%

Berikut ini adalah penjelasan masing-masing parameter pada Tabel 4.23 secara detail:

❖ Kinerja BWTS

Pada parameter ini dibandingkan kinerja NK-O3 dan Alfa Laval dari segi pembasmian bakteri. Hal tersebut dapat dinilai dari sudah di-*approve* atau tidaknya kedua BWTS tersebut. Untuk kasus kali ini, kedua BWTS masing-masing mendapatkan skor 1, dikarenakan kedua BWTS tersebut sudah di-*approve* dalam hal pembasmian bakteri oleh DNV. Selain itu, kinerja BWTS juga dinilai berdasarkan sesuai atau tidaknya BWTS dengan kapasitas pompa ballas utama. Kedua BWTS mendapatkan skor 1 karena kedua BWTS dipilih berdasarkan pompa ballas utama.

❖ Instalasi BWTS

Pada parameter ini dibandingkan secara teknis dapat terpasang atau tidaknya NK-O3 dan Alfa Laval pada kapal MT.XX. Untuk parameter ini terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

- Ruang untuk penyimpanan zat aktif
Kedua BWTS mendapatkan skor 1 karena kedua BWTS menggunakan zat aktif yang digunakan untuk membasmi bakteri. Penyimpanan zat aktif disimpan pada komponen yang telah disediakan masing-masing BWTS.
- Memungkinkan untuk instalasi di *pump room*
Seperti terlihat pada sub-bab 4.5 bahwa kedua BWTS dapat dipasang pada *pump room* kapal MT.XX, sehingga kedua BWTS mendapatkan skor 1.

- Memungkinkan untuk instalasi di *engine room*
Seperti terlihat pada sub-bab 4.5 bahwa terdapat ruang kosong di *engine room* yang dapat digunakan untuk meletakkan komponen BWTS. Oleh karena itu, masing-masing BWTS mendapatkan skor 1.
- Adanya ruang khusus
Kedua BWTS tidak memerlukan ruang khusus untuk melakukan instalasi, karena kedua BWTS dapat diletakkan secara fleksibel. Oleh sebab itu, kedua BWTS mendapatkan skor masing-masing 1.
- Instalasi dapat dilakukan tanpa *dry-docking*
Kedua BWTS mendapatkan skor masing-masing 1, karena kedua BWTS tidak memerlukan *dry-docking* untuk proses pemasangan kedua BWTS.

❖ Operasi BWTS

Pada parameter ini dibandingkan pengoperasian NK-O3 dan Alfa Laval. Dalam hal pengoperasian, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu:

- Tersedianya sistem yang aman
Kedua BWTS dijamin keamanannya, maka itu masing-masing mendapatkan skor 1. Untuk Alfa Laval yang menggunakan UV proses pengoperasian memang tidak membahayakan. Sedangkan, untuk penggunaan ozon akan berbahaya apabila terjadi kebocoran pada sistem, namun keamanan dapat dijamin dengan adanya sensor-sensor kebocoran yang sudah terdapat pada komponen NK-O3 tertentu.
- Dapat diaplikasikan pada air tawar
Kedua *treatment* BWTS dapat juga diaplikasikan pada air tawar, sehingga kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- Menggunakan zat aktif untuk melakukan *treatment*
Kedua BWTS menggunakan zat aktif dalam melakukan *treatment* dan sudah sesuai dengan aturan BWM Convention D3.2 dan MEPC G9. Dengan begitu, kedua BWTS mendapatkan skor 1.
- *Treatment* dilakukan hanya sekali/operasi
Kali ini, hanya NK-O3 saja yang mendapat skor 1, sedangkan Alfa Laval mendapat skor 0. Hal tersebut dikarenakan NK-O3 hanya melakukan *treatment* pada proses *ballasting*, sedangkan Alfa Laval melakukan *treatment* pada proses *ballasting* dan *deballasting*.
- Konsumsi energi maksimum (kwh/m^3)
Pada parameter ini, dilakukan skala perbandingan dalam pemberian skor kedua BWTS. NK-O3 mempunyai konsumsi energi maksimum sebesar 1.59 kwh/m^3 , sedangkan Alfa Laval mempunyai konsumsi energi lebih besar, yaitu 4 kwh/m^3 . Maka dari itu, NK-O3 mendapat skor 1 dan Alfa Laval mendapat skor 0.39.

- Dibutuhkannya *filter*
NK-O3 mendapatkan skor 1, sedangkan Alfa Laval mendapat skor 0. Hal tersebut dikarenakan, Alfa Laval membutuhkan sebuah *filter* sebelum air ballas masuk ke UV reaktor, di sisi lain NK-O3 tidak memerlukan sebuah *filter* untuk melakukan *pre-treatment* seperti halnya Alfa Laval.
- ❖ Reputasi Vendor
Pada parameter ini akan dibandingkan reputasi vendor dari NK-O3 dan Alfa Laval. Masing-masing BWTS mendapatkan skor 1, dikarenakan kedua BWTS telah di *approve* oleh DNV yang menandakan bahwa reputasi kedua BWTS memang sudah terpercaya.
- ❖ Biaya
Pada parameter kali ini akan dibandingkan biaya CAPEX dan OPEX dari NK-O3 dan Alfa Laval. Berikut ini adalah penjelasan lebih detailnya.
 - CAPEX
Seperti halnya konsumsi energi maksimum, CAPEX juga dilakukan skala perbandingan dalam pemberian skor untuk masing-masing BWTS. Alfa Laval mendapat skor 1, sedangkan NK-O3 mendapat skor 0.69 dikarenakan CAPEX Alfa Laval lebih murah dibandingkan NK-O3, dengan nilai 441,016.42 USD untuk Alfa Laval dan 643,690.37 USD untuk NK-O3.
 - OPEX
Untuk OPEX, hasilnya sama dengan CAPEX dimana Alfa Laval memiliki OPEX yang lebih murah dibandingkan NK-O3. Oleh karena itu, Alfa Laval mendapat skor 1, sedangkan NK-O3 mendapat skor 0.71. Memang biaya konsumsi bahan bakar NK-O3 lebih murah dibandingkan dengan Alfa Laval, namun apabila dibandingkan bersama dengan biaya perawatan, maka Alfa Laval akan lebih murah dibanding NK-O3. Masing-masing biaya nya adalah 619,542.86 USD untuk NK-O3 dan 437,152.10 USD untuk Alfa Laval. Nilai tersebut merupakan penjumlahan dari biaya pertahun selama 15 tahun.

Setelah skor dan bobot dari masing-masing parameter dikalikan, maka akan diketahui skor nilai total dari NK-O3 dan Alfa Laval. Merujuk pada Tabel 4.23, *ballast water treatment* yang sesuai untuk kapal MT.XX adalah Alfa Laval PureBallast 3.1 dengan perolehan skor 94.78% mengalahkan NK-O3 dengan perolehan skor 84.40%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil desain, perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Modifikasi sistem air balas setelah dilengkapi dengan *ballast water treatment* dapat dilihat dari P&ID yang telah digambar pada sub-bab 4.4. Dalam melakukan modifikasi, berikut ini adalah penambahan dari masing-masing metode BWTS:
 - ❖ NK-O3 BlueBallast 030
 - 1 set komponen NK-O3 BlueBallast 030
 - 4 buah *butterfly valve* berukuran 3/4"
 - 1 buah *three-way valve* berukuran 12"
 - 1 buah *non-return valve* berukuran 12"
 - 2 buah *non-return valve* berukuran 3/4"
 - 34.08 meter pipa *stainless steel* 300A Sch 40
 - 8.1 meter pipa *stainless steel* 20A Sch 20
 - ❖ Alfa Laval PureBallast 3.1
 - 1 set komponen Alfa Laval PureBallast 3.1
 - 5 buah *butterfly valve* berukuran 12"
 - 12.04 meter pipa *stainless steel* 300A Sch 40
 2. Masing-masing dari kedua BWTS dapat dipasang pada *pump room* kapal MT.XX seperti terlihat di sub-bab 4.5, sehingga ketersediaan ruang pada kapal MT.XX untuk melakukan pemasangan komponen BWTS terpenuhi.
 3. Berdasarkan perhitungan ulang *electrical load analysis* diperoleh nilai *load factor* dan efisiensi generator sebagai berikut ini:
 - ❖ NK-O3 BlueBallast 030
 - *Load Factor* pada kondisi bongkar muat = 89.89%
 - Efisiensi generator = 86.73%
 - ❖ Alfa Laval PureBallast 3.1
 - *Load Factor* pada kondisi bongkar muat = 90.56%
 - Efisiensi generator = 87.16%
- Nilai diatas masih diizinkan, untuk itu generator *existing* masih mencukupi untuk memenuhi kebutuhan listrik kapal setelah dipasang komponen *ballast water treatment*.
4. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan pada sub-bab 4.8, biaya instalasi Alfa Laval lebih rendah dibandingkan NK-O3. Namun, untuk melakukan operasi, Alfa Laval memerlukan biaya yang lebih tinggi dibandingkan NK-O3. Berikut ini adalah nilai dari biaya instalasi dan operasi dari masing-masing BWTS:
 - ❖ NK-O3 BlueBallast 030
 - Biaya Instalasi = 643,690.37 USD
 - Biaya Konsumsi Bahan Bakar = 120.87 USD

❖ Alfa Laval PureBallast 3.1

- Biaya Instalasi = 441,016.42 USD
- Biaya Konsumsi Bahan Bakar = 304.58 USD

5. Berdasarkan hasil total skor dari pembobotan masing-masing parameter, diperoleh total skor 94.78% untuk Alfa Laval PureBallast 3.1, sedangkan 84.40% untuk NK-O3 BlueBallast 030. Maka dari itu metode *ballast water treatment* yang dipilih untuk kapal MT.XX adalah dengan menggunakan metode radiasi *ultraviolet* tipe Alfa Laval PureBallast 3.1

5.2. Saran

Berdasarkan dari hasil desain, perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Dalam melakukan modifikasi sistem atau peletakkan komponen, diperlukan dimensi komponen BWTS yang lebih detail, seperti *input* dan *outout* pipa, sehingga penambahan *elbow* dapat dihitung lebih akurat.
2. Dalam melakukan analisa teknis, dapat ditambahkan analisa stabilitas kapal setelah kapal dipasang dengan komponen BWTS.
3. Dalam melakukan analisa ekonomi, dapat ditambahkan biaya *charter* baru kapal, sehingga *revenue* baru dari kapal dapat diketahui setelah melakukan pemasangan komponen BWTS.
4. Untuk penelitan selanjutnya dapat dibandingkan lebih dari dua metode BWTS, sehingga terdapat lebih banyak opsi pemilihan BWTS pada suatu kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- ACOMI, N. & GHITA, S., 2012. *Using Heat Treatment of Ballast Water For Killing Marine*. Vienna, International DAAAM Symposium.
- Alfa Laval, 2015. *Alfa Laval PureBallast 3.1 Compact*, Lund: s.n.
- American Institute of CPAs (AICPA), n.d. *Time of Value Money*, Durham: s.n.
- Anon., 2018. *Bank Indonesia*. [Online]
Available at: <https://www.bi.go.id>
[Accessed 10 Juli 2018].
- Arif, M. S., Kurniawati, H. A. & Misbah, M. N., 2016. *Analisa Teknis dan Ekonomis Pemilihan Manajemen Air Ballas pada Kapal*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Auditor Madya Perwalian Prov. Jawa Tengah, n.d. *Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan*. [Online]
Available at: <http://www.bpkp.go.id>
[Accessed 10 Juli 2018].
- Berntzen, M., 2010. *Guidelines For Selection of A Ship Ballast Water Treatment System*. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- Bunker Index, 2018. [Online]
Available at: <http://www.bunkerindex.com>
[Accessed 2 Juli 2018].
- Cappelen, A., 2012. *Decision-making Tool For Ballast Water Treatment Management*. Oslo: Norwegian University of Life Sciences.
- Direktorat Jenderal Bea dan Cukai, 2018. [Online]
Available at: <http://bctemas.beacukai.go.id/faq>
[Accessed 27 Juni 2018].
- Ghozi, S., 2017. Pemodelan Nilai Keseimbangan Antara Compound Value dan Future Value. *Jurnal Sains Terapan*.
- Ibrahim, A. M. & El-naggar, M. M., 2012. Ballast Water Review: Impacts, Treatments, and Management. *Middle-East Journal of Scientific Research*.
- International Maritime Organization (IMO), 2004. *International Convention For The Control and Management of Ships' Ballast Water Treatment and Sediments*. London, s.n.

International Maritime Organization (IMO), n.d. *Basic Approval of Active Substances Used by Special Pipe Ballast Water Management*, London: 2006.

NK Co. Ltd, 2014. *NK-O3 BlueBallast An Ozone-based Ballast Water Treatment System*. Japan: s.n.

NK Co. Ltd, 2016. *NK-O3 BlueBallast An Ozone-based Ballast Water Treatment System*, Busan: s.n.

Perrins, J. C., Cooper, W. J., Leeuwen, J. (. v. & Herwig, R. P., 2006. Ozonation of Seawater from Different Locations: Formation and Decay. *Elsevier*.

PT. PERTAMINA Divisi Shipping, n.d. *Data Auxiliary Engine*, s.l.: s.n.

PT. PERTAMINA Divisi Shipping, n.d. *Data Electrical Load Analysis*, s.l.: s.n.

PT. PERTAMINA Divisi Shipping, n.d. *Principle DImension*, s.l.: s.n.

Sarwito, S., 1995. *Perencanaan Instalasi Listrik Kapal*. Surabaya: s.n.

Sassi, J., Viitasalo, S., Ryttonen, J. & Leppakoski, E., 2005. *Experiments With Ultraviolet Light, Ultrasound, and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment*. Helsinki: VTT Industrial System.

STX Canada Marine, 2015. *Assessing The Feasibility of Ballast Water Treatment System Installation and Operation by Existing Vessel on The Great Lakes and ST. Lawrence Seaway System*, Ottawa: s.n.

Subdirektorat Statistik Transportasi, 2016. *Statistik Transportasi Laut*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

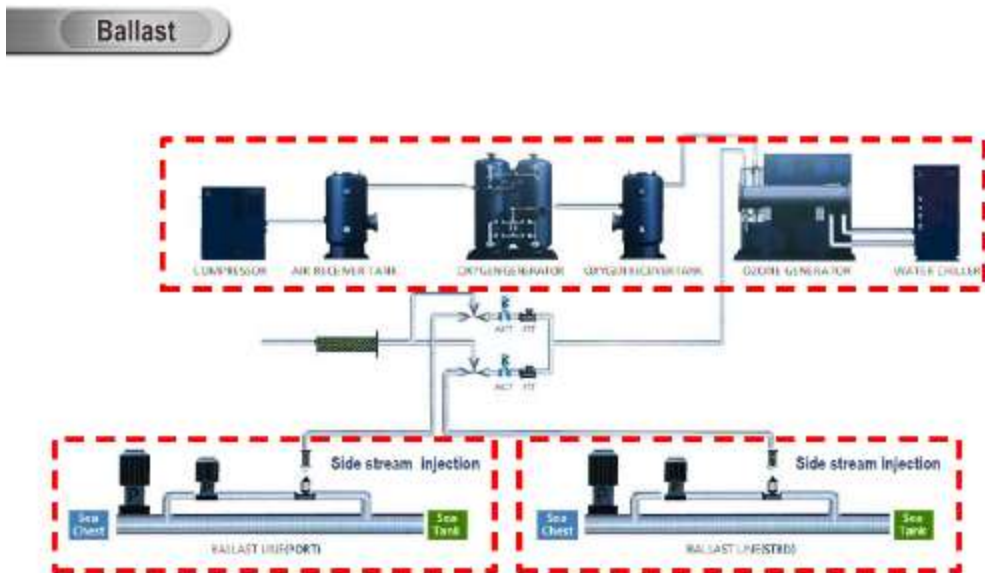
World Wide Metric, n.d. *Piping Chart*, s.l.: s.n.

Wright, D. A. et al., 2010. Shipboard Trials of An Ozone-Based Ballast Water Treatment System. *Elsevier*.

LAMPIRAN

a. Penjelasan Pengoperasian NK-O3 BlueBallast

Way of operation

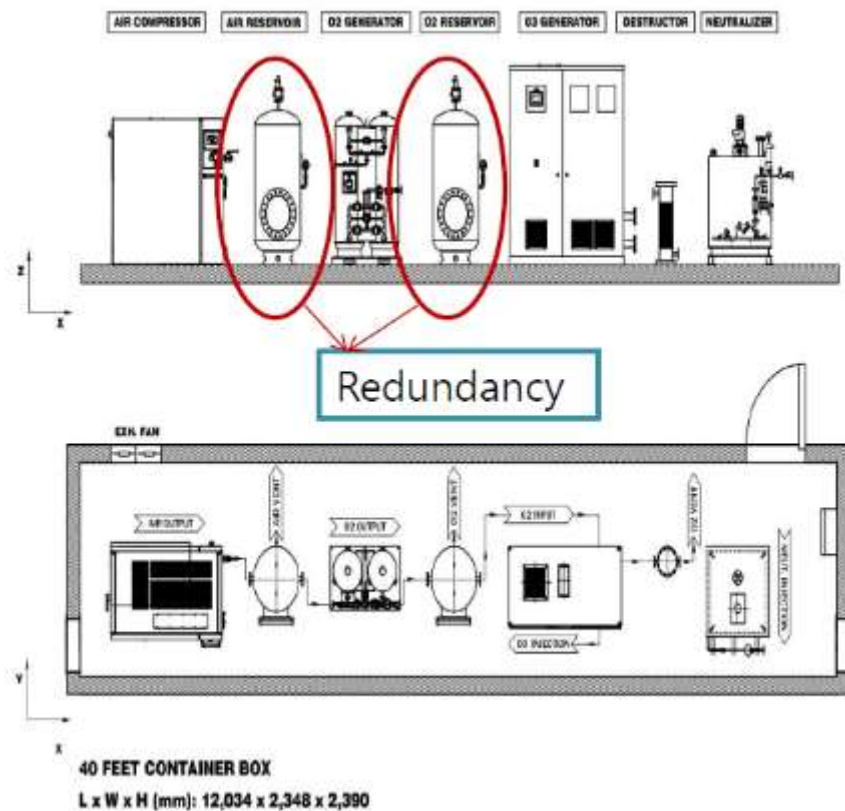


b. Tipe NK-O3 BlueBallast dan Konsumsi Daya

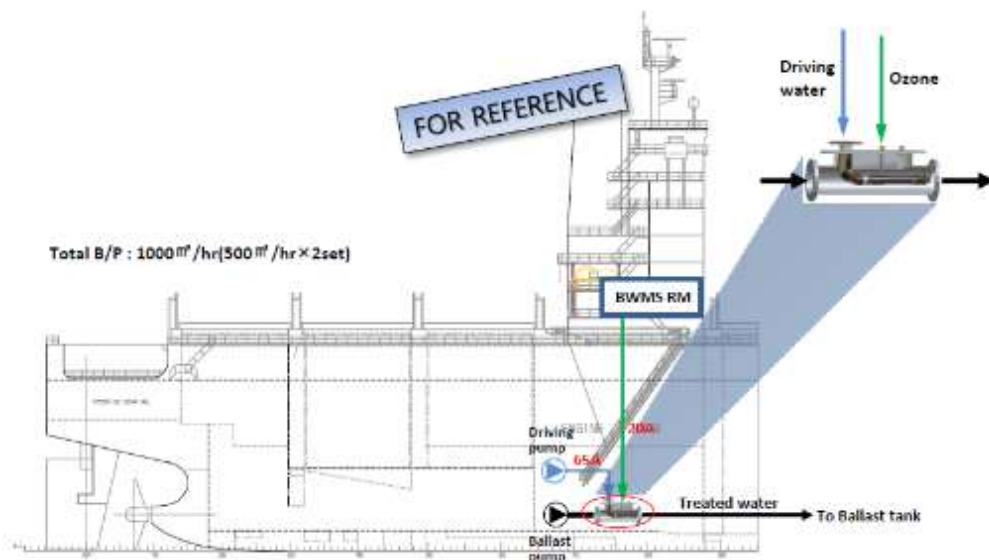
Power Consumption

	NK-O3	015	030	050	075	100	150	200	250	300	400
Ballast Pump Capacity	(m³/hr)	150	300	500	750	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000	4,000
Total Ballast Capacity	(m³/hr)	300	600	1,000	1,500	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	8,000
Total Power Consumption	(kW)	27	50	70	96	150	190	268	317	390	508

c. Dimensi Komponen NK-O3



d. Diameter untuk Pipa NK-O3 BlueBallast



e. Konsumsi Daya Alfa Laval PureBallast 3.1

Technical data

PureBallast 3.1 IMO & USCG		PureBallast 3.1 USCG HP
Power consumption, 300 m ³ /h reactor:	17 kW (32 kW at full ramp-up*)	
Power consumption, 600 m ³ /h reactor:	32 kW (63 kW at full ramp-up*)	Power consumption, 300 m ³ /h reactor
Power consumption, 1000 m ³ /h reactor:	52 kW (100 kW at full ramp-up*)	Power consumption, 500 m ³ /h reactor

* Power consumption can be increased to handle low-clarity water with low UV transmittance.

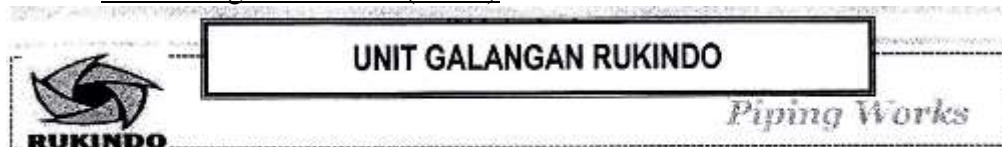
f. Dimensi Alfa Laval PureBallast 3.1

Component dimensions

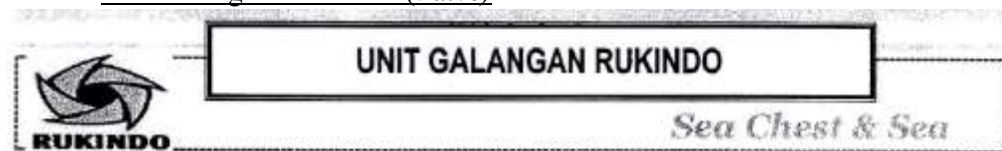
PureBallast 3.1 IMO & USCG			PureBallast 3.1 USCG HP
	Size (mm) (W x D x H)	Net/dry weight (kg)	Volume (L)
Reactor, 300 m ³ /h	700 x 650 x 1310	250	80
Reactor, 600 m ³ /h	855 x 765 x 1400	320	100
Reactor, 1000 m ³ /h	1030 x 950 x 1500	400	100
Lamp drive cabinet for 300 m ³ /h reactor	900 x 480 x 2000	250	
Lamp drive cabinet for 600 m ³ /h reactor	1350 x 610 x 2000	370	
Lamp drive cabinet for 1000 m ³ /h reactor	1350 x 610 x 2000	400	
CIP unit	740 x 870 x 1800	155	Max 250
Control cabinet	650 x 310 x 1100	50	
Basket filter, 250 m ³ /h	460 x 498 x 1145	360	61
Basket filter, 300 m ³ /h	490 x 503 x 1201	400	82
Basket filter, 500 m ³ /h	610 x 637 x 1295	620	146
Basket filter, 750 m ³ /h	730 x 715 x 1579	860	241
Basket filter, 1000 m ³ /h	765 x 786 x 1753	1020	370
Basket filter, 1500 m ³ /h	775 x 794 x 2248	1150	480
Basket filter, 2000 m ³ /h	1000 x 1008 x 2367	1780	890
Basket filter, 3000 m ³ /h	1300 x 1288 x 2476	2505	1700

g. Project Schedule BWTS



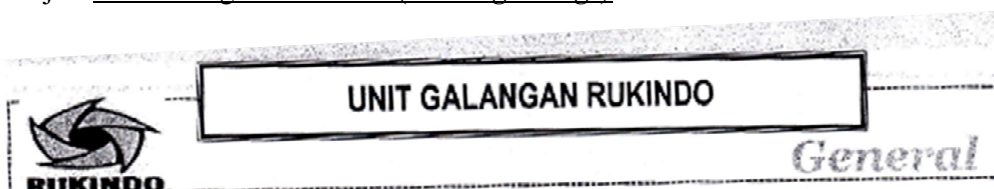
h. Daftar Harga RUKINDO (Elbow)2. *Bending of Pipes (Per Piece)*

Diameter	Rate Bend	Elbow (Galvanized)	Elbow Steel
1/2"	Rp 56.900	Rp 74.800	Rp 121.100
1"	Rp 86.800	Rp 82.300	Rp 134.600
2"	Rp 122.600	Rp 131.600	Rp 175.000
3"	Rp 189.900	Rp 183.900	Rp 248.200
4"	Rp 236.300	Rp 218.100	Rp 405.200
6"	Rp 308.000	Rp 372.300	Rp 539.700

i. Daftar Harga RUKINDO (Valve)3. *Stop Valves*

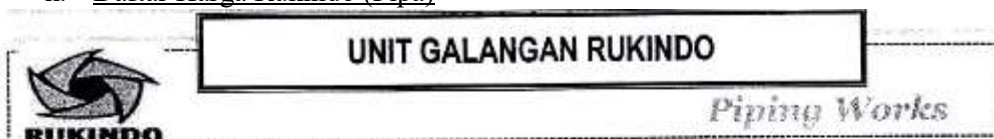
Open Up for survey, clean, grind in and box up in place.

Valve Diameter	Globe Valve	Gate Valve	Butterfly Valve
1"	Rp 142.500	Rp 237.500	Rp 332.500
2"	Rp 190.000	Rp 285.000	Rp 403.750
3"	Rp 237.500	Rp 332.500	Rp 522.500
4"	Rp 285.000	Rp 380.000	Rp 593.750
5"	Rp 308.750	Rp 427.500	Rp 712.500
6"	Rp 356.250	Rp 475.000	Rp 783.750
8"	Rp 380.000	Rp 498.750	Rp 926.250
10"	Rp 451.250	Rp 546.250	Rp 118.750
12"	Rp 498.750	Rp 665.000	Rp 1.330.000
14"	Rp 570.000	Rp 807.500	Rp 1.662.500
16"	Rp 665.000	Rp 855.000	Rp 1.805.000
18"	Rp 807.500	Rp 973.750	Rp 1.900.000
20"	Rp 950.000	Rp 1.092.500	Rp 2.137.500
22"	Rp 1.187.500	Rp 1.377.500	Rp 2.470.000
24"	Rp 1.425.000	Rp 1.662.500	Rp 2.850.000

j. Daftar Harga RUKINDO (Floating Charge)2. *Floating Charges in Shipyard Area.*

- a. *For time spending shipyard areas, floating days to be charged
(Excluded Port Authority wharf age charges)*

GT or Displacement	Rates per day	
Up to 500	Rp	625.000
501 - 1,500	Rp	780.800 ✓
1,501 - 2,500	Rp	938.100
2,501 - 3,500	Rp	1.054.000
3,501 - 5,000	Rp	1.171.200
5001 - 7,000	Rp	1.444.300
7,001 and above	Rp	2.338.100

k. Daftar Harga Rukindo (Pipa)**Piping Works**1. *Renewal Stralght Steel Pipes*

Diameter	Per Meter		
	Sch. 40	Sch. 80	ST. GP
1/2"	Rp 191.400	Rp 263.100	Rp 83.700 ✓
1"	Rp 242.200	Rp 282.600	Rp 155.600 ✓
2"	Rp 378.200	Rp 621.900	Rp 282.600
3"	Rp 849.200	Rp 941.850	Rp 444.000
4"	Rp 1.160.100	Rp 1.188.500	Rp 599.500
5"	Rp 1.402.300	Rp 1.471.100	Rp 754.975
6"	Rp 2.063.100	Rp 2.218.600	Rp 922.400
8"	Rp 2.547.500	Rp 2.783.700	Rp 1.233.375
10"	Rp 3.031.900	Rp 3.348.800	Rp 1.544.300
12"	Rp 3.516.200	Rp 3.913.900	Rp 1.855.300

1. Biaya-Biaya NK-O3 BlueBallast 030**TANKER OZONE BWTS**

	Purchase and Installation of Equipment				
	Installation Cost (mean)	1,315,713			
	Annual Operating Cost (mean)	63,532			
	Installation Man hours	5,742			
ID	Cost Item	Details	Low	Estimate	High
1000	Installation Costs				
1100	Ballast Water Treatment System	NK-O3 030			
1101	BWTS System Hardware	Based on informal quote from Choice Ballast @ \$419,999 each -10%, +20%	377,999	419,999	503,999
1102	BWTS installation labour	Estimate of 750 hours * Complexity factor for BWTS system -10%, +40%	129,600	144,000	201,600
1103	BWTS spares purchase from OEM	Estimate 5% of procurement price	18,900	21,000	29,400
1104	Other	Shipping, flat rate OEM costs, etc.	10,000	15,000	20,000
1200	Additional Equipment	Additional equipment required as part of installation (major items only)			
1201	Pumps	Installation of additional ballast/ stripping pumping capacity	0	0	0
1202	Generator Sets	Installation of additional Generator capacity, Based on \$815/kW and 687kW requirement. -15% + 15%	0	0	0
1203	Electrical Distribution	Installation of additional power distribution (major items, switchboards, etc.), 5%	0	0	0
1204	Spares (Additional equipment)	Covers spare parts for repairs in the event of system failure, one buy cost for lifetime of system	0	0	0
1205	Labour	Estimate of labour for above (30% of total)	0	0	0
1300	Supporting Electrical	Additional electrical work required			
1301	Cable	5% of system cost, -15%, +30%	17,850	21,000	24,150
1302	Labour	10% of system labour, -10%, +40%	8,100	9,000	12,600
1303	Other	Additional costs -Auxiliary Systems, 5% BWTS -10%, +40%	18,900	21,000	29,400
1400	Supporting Piping	Additional pipe work			
1401	Pipework	10% of system cost, -15%, +30%	35,700	42,000	48,300
1402	Labour	100% of system labour, -10%, +40%	81,000	90,000	126,000
1403	Other	Additional costs -Auxiliary Systems, 5% BWTS. -10%, +40%	18,900	21,000	29,400
1500	Other Installation Costs	Misc.: deck plating to be replaced, welding consumables, steel for mounting structures, etc.			
1501	Work-in-way / Workshop Conversion labour	Labour estimate for additional effort for getting equipment installed - Estimate 1000 hrs. per space converted * Vessel Complexity factor, -10%, +40%	101,250	112,500	157,500
1502	Work-in-way allowance	Material costs associated with work-in-way	35,700	42,000	48,300
1503	HVAC Installation/upgrades	Material costs, estimate at 15% of BWTS installation	56,700	63,000	88,200

1504	Engineering	Drawings, HAT/SAT/STW, owner support, etc. 100% of install labour, +/- 15%	76,500	90,000	103,500
1505	Project Management and administration	Based on 10 % of total labour cost. -10%, +40%	35,235	39,150	54,810
1506	Shipyard Support Labour	Based on 100% system installation labour. -10% +40%	81,000	90,000	126,000
2000	Operating Costs				
2100	Spares	Items associated with BWTs			
2101	Spares (system)	Covers spare parts for repairs in the event of system failure, one buy cost for lifetime of system (covered by item 1204)			
2102	Spares (storage)	Overhead associated with storage of spare parts (shore)			
2200	Fuel Costs	Items associated with BWTs			
2201	Power consumed (yearly)	Power required by BWTs system: kWh when active * active time + idle requirement (Est 1kWhr) + Neutralising pump (Est 5kWhr)			
2202	Fuel Cost	Based on required kWh and power generation system: Total kWh needed (from previous line) * 1 fuel to generate power (assume 22L per kWh, 83kg/t) * fuel cost per t diesel (assume \$1100/MT). -15% +40%	4,425	5,205	7,288
2203	Additional Systems Power Consumed (yearly)	Includes constant auxiliary load 22kw.			
2204	Additional Fuel Cost	As above. -10% + 40%	34,839	38,710	54,194
2300	Consumables				
2500	Maintenance				
2501	Maintenance & repair labour	Labour for planned and unplanned work including replacing lamps, inspecting filters and system failures estimated at 15% installation labour. -10% + 40%	12,150	13,500	18,900
2502	Maintenance materials	Related material costs to above (NOT the cost of new filters, bulbs, etc. - work-in-way materials only.) 10% of initial work-in-way cost annually. -10% + 40%	378	420	588

m. Biaya-Biaya Alfa Laval PureBallast 3.1 600 m3/h**TANKER UV BWTS**

	Purchase and Installation of Equipment				
	Installation Cost (mean)	823,375			
	Annual Operating Cost (mean)	16,024			
	Installation Man hours	3,801			
ID	Cost Item	Details	Low	Estimate	High
1000	Installation Costs				
1100	Ballast Water Treatment System	1 off 600m ³ /hr.			
1101	BWTS System Hardware	Price scaled from informal quotes, US\$ 241,518 each. -10%, +20%	241,518	268,353	322,024
1102	BWTS installation labour	Estimate of 750 hours * Complexity factor for BWTS system. -10%, +40%	50,625	56,250	78,750
1103	BWTS spares purchase from OEM	Estimate 5% of procurement price.	12,076	13,418	18,785
1104	Other	Shipping, flat rate OEM costs, etc.	10,000	15,000	20,000
1200	Additional Equipment	Additional equipment required as part of installation (major items only)			
1201	Pumps	Installation of additional ballast/stripping pumping capacity. Estimate \$10,000 each.	17,000	20,000	23,000
1202	Generator Sets	Installation of additional Generator capacity. Based on \$815/kW. -15% + 15%	0	0	0
1203	Electrical Distribution	Installation of additional power distribution (major items, switchboards, etc.), 5%	0	0	0
1204	Spares (Additional equipment)	Covers spare parts for repairs in the event of system failure, one buy cost for lifetime of system	850	1,000	1,150
1205	Labour	Estimate of labour for above (30% of total)	5,100	6,000	6,900
1300	Supporting Electrical	Additional electrical work required			
1301	Cable	5% of system cost, -15%, +30%	11,405	13,418	15,430
1302	Labour	50% of system labour, -10%, +40%	25,313	28,125	39,375
1303	Other	Additional costs -Auxiliary Systems, 5% BWTS. -10%, +40%	12,076	13,418	18,785
1400	Supporting Piping	Additional pipe work			
1401	Pipework	10% of system cost, -15%, +30%	22,810	26,835	30,861
1402	Labour	100% of system labour, -10%, +40%	50,625	56,250	78,750
1403	Other	Additional costs -Auxiliary Systems, 5% BWTS. -10%, +40%	12,076	13,418	18,785
1500	Other Installation Costs	Misc.: deck plating to be replaced, welding consumables, steel for mounting structures, etc.			
1501	Work-in-way	Labour estimate for additional effort for getting equipment installed - Estimate 500 hrs. * Vessel complexity factor	50,625	56,250	78,750
1502	Work-in-way allowance	Material costs associated with work-in-way	22,810	26,835	30,861
1503	HVAC Installation/upgrades	Material costs, estimate at 10% of BWTS installation	24,152	26,835	37,569
1504	Engineering	Drawings, HAT/SAT/STW, owner support, etc. 100% of install labour, +/- 15%	47,813	56,250	64,688
1505	Project Management and administration	Based on 10 % of total labour cost. -10%, +40%	23,321	25,913	36,278

1506	Shipyards Support Labour	Based on 100% system installation labour. -10% +40%	50,625	56,250	78,750
2000	Operating Costs				
2100	Spares	Items associated with BWTS			
2101	Spares (system)	Covers spare parts for repairs in the event of system failure, one buy cost for lifetime of system (covered by item 1204)			
2102	Spares (storage)	Overhead associated with storage of spare parts (shore)			
2200	Fuel Costs	Items associated with BWTS			
2201	Power consumed (yearly)	Power required by BWTS system: kWh when active * active time + idle requirement (Est 1kWh). Est High + Backwash 10% of running time			
2202	Fuel Cost	Based on required kWh and power generation system: Total kWh needed (from previous line) * t fuel to generate power (assume .22L per kWh, .83kg/L) * fuel cost per t diesel (assume \$1100/MT). -15% +40%	5,704	6,710	9,394
2203	Additional Systems Power Consumed (yearly)	Estimate Stripping pump load 5kW whilst deballasting. No additional auxiliary load as system contained in existing pump room.			
2204	Additional Fuel Cost	As above. -10% + 40%	437	485	679
2300	Consumables				
2301	Filters	Limited to annual inspection and cleaning, covered in 2500.			
2302	UV lamps	Spare Parts Kit including lamps, quartz sleeves etc. \$7900 each. Lamp life expectancy 5000hr or 5 years. -10% + 40%	1,422	1,580	2,212
2500	Maintenance				
2501	Maintenance & repair labour	Labour for planned and unplanned work including replacing lamps, inspecting filters and system failures estimated at 10% installation labour. -10% + 40%	5,063	5,625	7,875
2502	Maintenance materials	Related material costs to above (NOT the cost of new filters, bulbs, etc. - work-in-way materials only) 10% of initial work-in-way cost annually. -10% + 40%	242	268	376

n. *Electrical Load Analysis* PT.Pertamina

Electrical Load (kW)						
ITEM		Sea going	Manoeuvring	Cargo operation	Harbour	Emergency
Intermittent load (kw)	Total	249.04	305.44	290.20	189.11	70.70
	Diversity factor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Demand power	168.0	213.8	203.1	132.4	49.5
Continuous load (Kw)	Demand power	418.22	487.82	1,252.63	393.77	62.50
Total continuous & intermittent load		586.25	701.63	1,455.77	526.15	111.99
Design margin (2%) (kw)		11.73	14.03	24.12	10.52	2.24
Total demand power with provision for design margin (kw)		597.98	715.66	1484.89	536.67	114.23

Generator

No.	Type	Rpm	Kw	Set	Sea going		Set	Maneuvering		Set	Cargo operation		Set	Harbour		Set	Emergency		Set
					597,98	70.4		715,66	84,20		1484,89	87,3		536,67	63.14		114,23	95.19	
1	Yaomai	1500	850	3	850	x 1	1	850	x 1	1	850	x 2	2	850	x 1	1	120	x 1	1

With the consideration that the sailing conditions (critical condition) Load Factor rate should not exceed 86% for safety concerns (according to the rule of the class), and economic considerations, then the generator selected for this ship is YANMAR 3412 C besides other technical considerations, such as : noise, etc. Specification generator that selected from several types of specifications made are:

Make	Yanmar	
Type	3412 C	
Power	850	kW
Frequency	60	Hz

LOAD ANALYSIS AT START CONDITION

As

Ship type	:	Tanker	
Cargo handling equipment	:	Cargo Pump	
Power	:	342	kW
Load factor	:	0.95	
Thus, start power	=	The total load of loading and unloading (without Cargo Pump) + The start for 3 pump	
	=	1683+362+362+362	
	=	2109	kW

$$\begin{aligned} \text{Efficiency of Generator on Prime Power use 3 Genset} &= \frac{\text{Starting Power}}{\text{Total Set Generator} \times \text{Total Power Generator}} \times 100\% \\ &= \frac{2109}{3 \times 850} \\ &= 83 \text{ \%} \end{aligned}$$

o. Electrical Load Analysis Radiasi Ultraviolet

ITEM		Sea going	Manuvering	Cargo Operation	Harbour	Emergency
Intermittent load (kW)	Total	240.04	305.44	290.2	189.11	70.7
	Diversity factor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Demand power	168	213.8	203.1	132.4	49.5
Continous load (kW)	Demand power	418.22	487.82	1306.18	393.77	62.5
Total continous & intermitten load		586.25	701.63	1509.28	526.15	111.99
Design margin (2%) (kW)		11.73	14.03	30.19	10.52	2.24
Total demand power with provision for design margin (kw)		597.98	715.66	1539.47	536.67	114.23

No.	Type	Rpm	kW	Set	Sea going		Set	Manuvering		Set	Cargo Operation		Set	Harbour		Set	Emergency		Set
1	Yanmar	1500	850	3	597.98	70.4	1	715.66	84.2	1	1539.47	90.56	2	536.67	63.14	1	114.23	95.19	1
					850 x 1			850 x 1			850 x 2			850 x 1			120 x 1		

Merk =

Yanmar

Type =

3412 C

Power =

850 kW

Frequency =

60 Hz

Rotation =

1500 Rpm

Load Analysis at Start Condition

Ship Type =

Tanker

Cargo handling equipment =

Cargo Pump

Power for 1 pump =

342 kW

Total cargo operation power without cargo pump =

1136.55 kW

Start Power =

The total load of loading and unloading (without Cargo Pump) + The start for 3 pump
 $1136.55 + 362 + 362 + 362$
 2222.55 kW

Efficiency of Generator on Prime
Power use 3 Genset =

Starting Power/(Total Set Generator x Total Power Generator)

$$2222.55/(3 \times 850)$$

87.16

%

p. *Electrical Load Analysis Ozone Treatment*

ITEM		Sea going	Manuvering	Cargo Operation	Harbour	Emergency
Intermittent load (kW)	Total	240.04	305.44	290.2	189.11	70.7
	Diversity factor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	Demand power	168	213.8	203.1	132.4	49.5
Continous load (kW)	Demand power	418.22	487.82	1295.13	393.77	62.5
Total continous & intermitten load		586.25	701.63	1498.23	526.15	111.99
Design margin (2%) (kW)		11.73	14.03	29.96	10.52	2.24
Total demand power with provision for design margin (kw)		597.98	715.66	1528.19	536.67	114.23

No.	Type	Rpm	kW	Set	Sea going		Set	Manuvering		Set	Cargo Operation		Set	Harbour		Set	Emergency		Set
1	Yanmar	1500	850	3	597.98	70.4	1	715.66	84.2	1	1528.19	89.89	2	536.67	63.14	1	114.23	95.19	1
					850 x 1			850 x 1			850 x 2			850 x 1			120 x 1		

Merk = **Yanmar**

Type = 3412 C

Power = 850 kW

Frequency = 60 Hz

Rotation = 1500 Rpm

Load Analysis at Start Condition

Ship Type =

Tanker

Cargo handling equipment =

Cargo Pump

Power for 1 pump =

342

kW

1125.5

kW

without cargo pump =

Start Power =

The total load of loading and unloading (without Cargo Pump) + The start for 3 pump

$$1125.5 + 362 + 362 + 362$$

2211.5

kW

Efficiency of Generator on Prime

Power use 3 Genset =

Starting Power/(Total Set Generator x Total Power Generator)

$$2211.5/(3 \times 850)$$

86.73

%

q. Project Schedule NK-O3 dan Alfa Laval

Project Schedule																					
Engineering of BWMS				Design														BWMS Installation	Performance Test		
Pre-Research				Decide Modification Spec. & Basic Drawing															Detail/Day	Detail/Day	
	Onboard Survey							Make Approval Drawing													
		Cost Estimation										Make Working Drawings									
				Order BWMS Equipment																	
				Order Other Equipment (Pipes, Valves, Electrical Cable, etc.)																	
-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Weeks																					

Project Schedule						
BWMS Installation						
Supporter & Seat Preparation						
	NK-O3 Equipment Installation					
				Cable & Piping Work		
1	2	3	4	5	6	7
Days						
Project Schedule						
On-Board & Performance Test						
Performance Test						
Crew Training						
1	2	3	4	5	6	7
Days						

r. Biaya Instalasi NK-O3 BlueBallast

Biaya Instalasi						
No.	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
BWTS System Hardware						568,491
1	Air Compressor & Filter	1. Tipe screw 2. Tekanan: 7.9 bar 3. Filtration Grade: 0.01 mikron	1	buah	MAKER PACKAGE	440,998.95
2	Air Receiver	1. Volume: 0.55 m3 2. Design Pressure: 6,6 bar	1	buah		
3	Oxygen Generator	1. Kapasitas: 7.1 m3/h 2. Outlet Pressure: 4-6 bar 3. Suhu: -70 C 4. Filtration Grade: 0.01 mikron Tingkat kemurnian oksigen: 90%	1	buah		
4	Oxygen Receiver	1. Volume: 0.55 m3 2. Design Pressure: 6,6 bar	1	buah		
5	Ozone Generator	1. Output Generator: 2.5 mg/L	1	buah		
6	Neutralizing Agent & TRO Level Monitor	1. Output: sodium bisulfat	1	buah		
7	Jasa Pemasangan	Estimasi Pemasangan 1 minggu	7	hari	2,592	19,051.20
8	BWTS sparepart	5% dari harga peralatan BWTS				24,254.94
9	Pajak BWTS	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah				84,186.14
Pengiriman & OEM						18,000.00
Kelistrikan						13,613.60
1	Kabel	5% dari Total BWTS System Hardware				4,088.00
2	Jasa Pemasangan	50% jasa pemasangan sistem	7	hari	1,296	9,525.60
Perpipaan dan Fitting						9,294.98
1	Pipa 1	Stainless steel 300A Sch 40	34.08	m	251.16	8,559.44
	Pipa 2	Stainless steel 20A Sch 40	8.1	m	15.49	125.43
2	Elbow 1	Galvanized 12"	9	buah	37.36	336.28
	Elbow 2	Galvanized 3/4"	19	buah	5.13	97.51
3	Butterfly Valve	3/4" valve	4	buah	21.21	84.82
4	Globe Valve 1	12" valve	2	buah	37.27	74.54
	Globe Valve 2	3/4" valve	2	buah	8.48	16.96
Approval Cost						4,642.86
Floating Charges			Estimasi waktu 1 minggu	7	hari	174.73
Design/Modification System and Inspection			5% dari Total BWTS System Hardware			28424.56
Total						643,690.37

s. Biaya Instalasi NK-O3 BlueBallast

Biaya Instalasi						
No.	Jenis Biaya	Spesifikasi	Kuantitas	Satuan	Biaya/Satuan (USD)	Biaya (USD)
BWTS System Hardware						371,301
1	Filter	1. Kapasitas: 750 m3/h 2. Filtration Grade: 0.01 mikron	1	buah	MAKER PACKAGE	281,770.65
2	UV Reactor	1. Tipe Reaktor: PureBallast 3.1 600 m3/h 2. Kapasitas: 600 m3/h	1	buah		
3	Lamp Drive Cabinet	Power Supply Voltage :400-440 VAC;50/60 Hz	1	buah		
4	Control Cabinet	Power Supply Voltage :400-440 VAC;50/60 Hz	1	buah		
5	CIP Unit	-	1	buah		
6	Jasa Pemasangan	Estimasi Pemasangan 1 minggu	7	hari	2,592	19,051.20
7	BWTS sparepart	5% dari harga peralatan BWTS				15,497.39
8	Pajak BWTS	Perhitungan secara detail dilakukan terpisah				54,981.68
Pengiriman & OEM						18,000.00
Kelistrikan						23,614.13
1	Kabel	5% dari Total BWTS System Hardware				14,088.53
2	Jasa Pemasangan	50% jasa pemasangan sistem	7	hari	1,296	9,525.60
Perpipaan dan Fitting						3,670.34
1	Pipa	Stainless steel 300A Sch 40	12.04	m	251.16	3,023.93
2	Elbow	Galvanized 12"	4	buah	37.36	149.46
3	Butterfly Valve	12" valve	5	buah	99.39	496.95
Approval Cost						4,642.86
Floating Charges			Estimasi waktu 1 minggu	7	hari	174.73
Design/Modification System and Inspection			5% dari Total BWTS System Hardware			18565.05
					Total	441,016.42

t. Future Value Radiasi Ultraviolet

Tahun	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biaya/tahun (USD)	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42	37,899.42
Future value (USD)	37,899.42	39,889.14	41,983.31	44,187.44	46,507.28	48,948.91	51,518.73	54,223.46	57,070.19	60,066.38	63,219.86	66,538.91	70,032.20	73,708.89	77,578.61	81,651.48

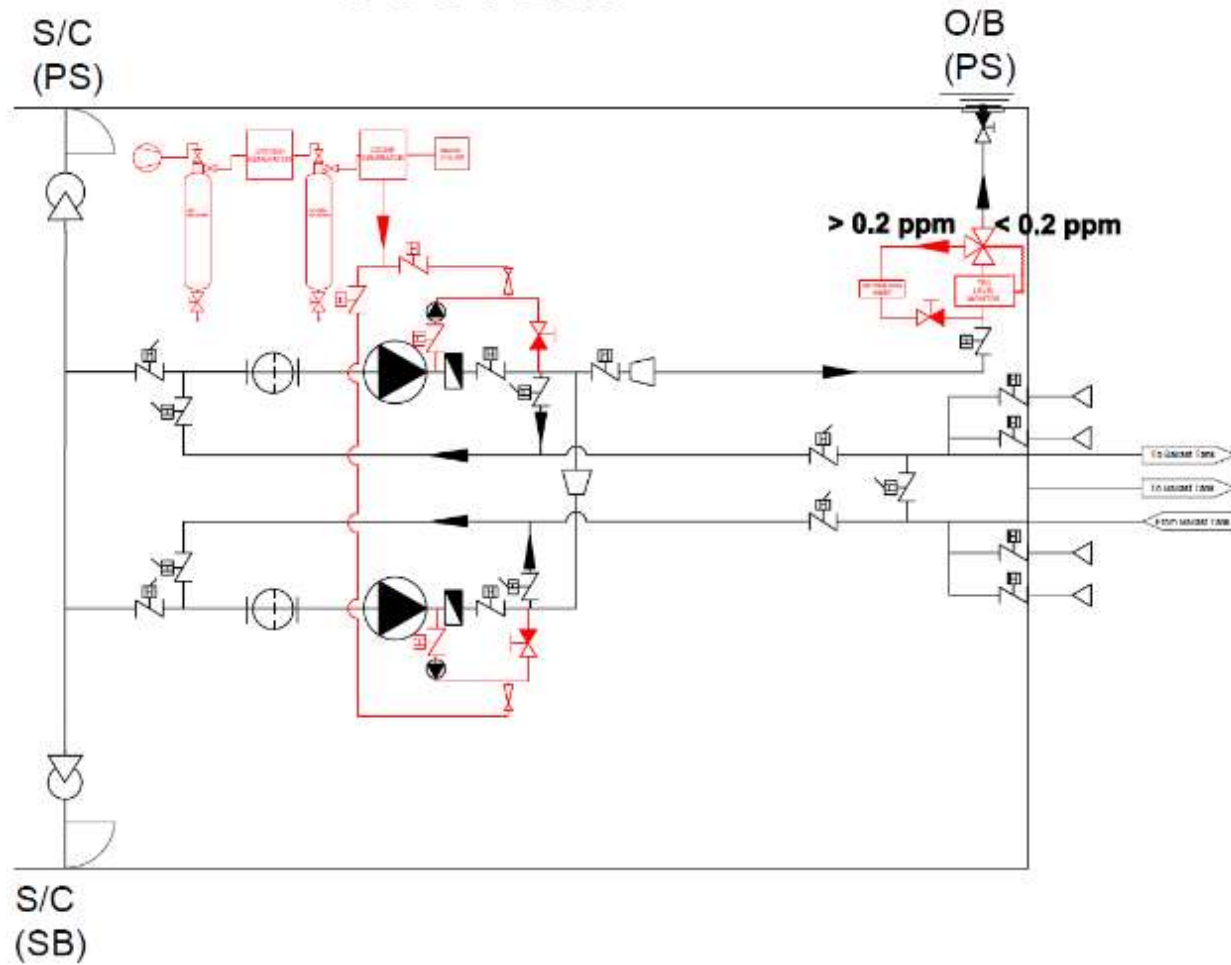
u. Future Value Ozone Treatment

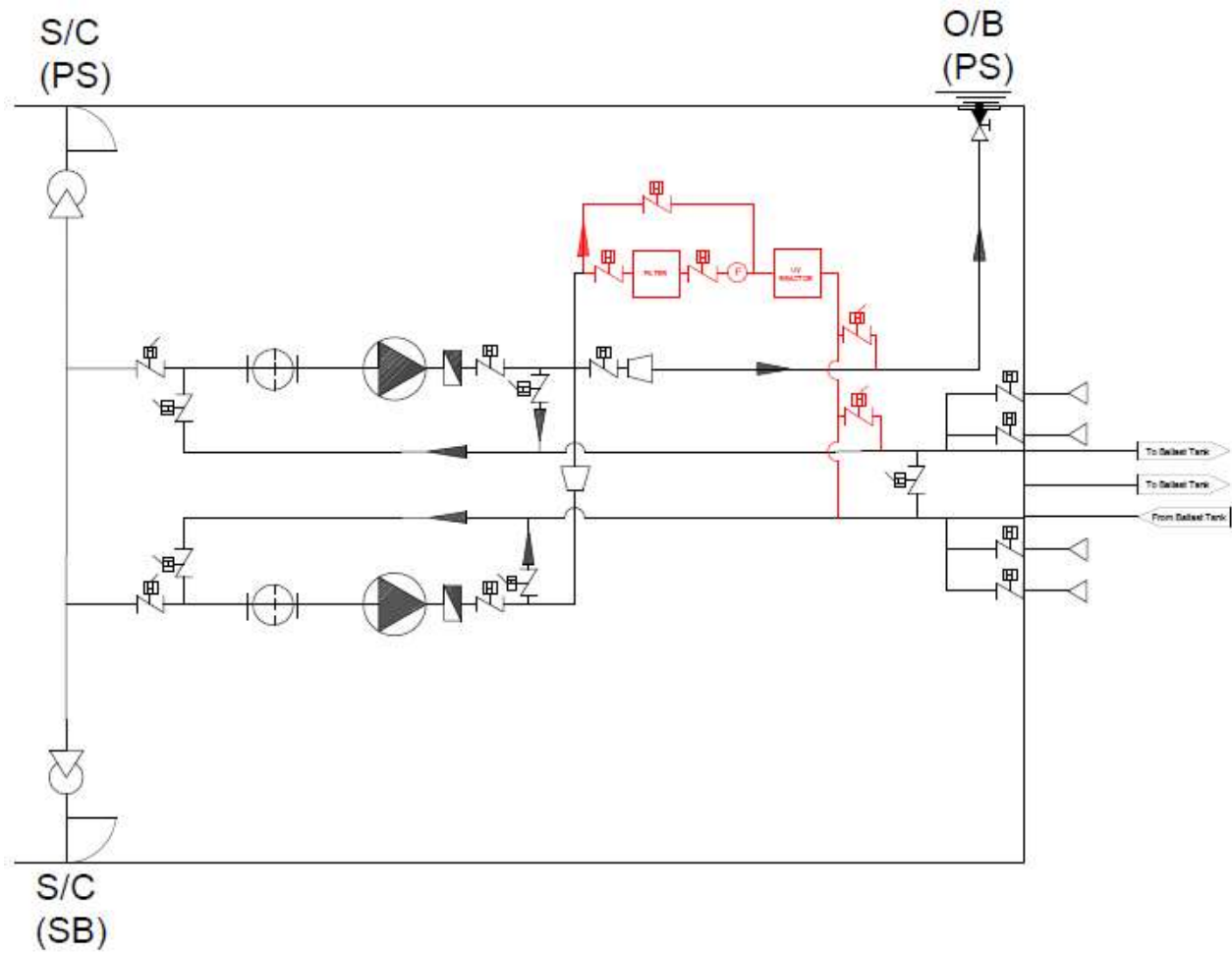
Tahun	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Biaya/tahun (USD)	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39	24,753.39
Future value (USD)	24,753.39	26,052.95	27,420.73	28,860.32	30,375.48	31,970.20	33,648.63	35,415.18	37,274.48	39,231.39	41,291.04	43,458.82	45,740.41	48,141.78	50,669.22	53,329.36

v. Pemilihan BWTS

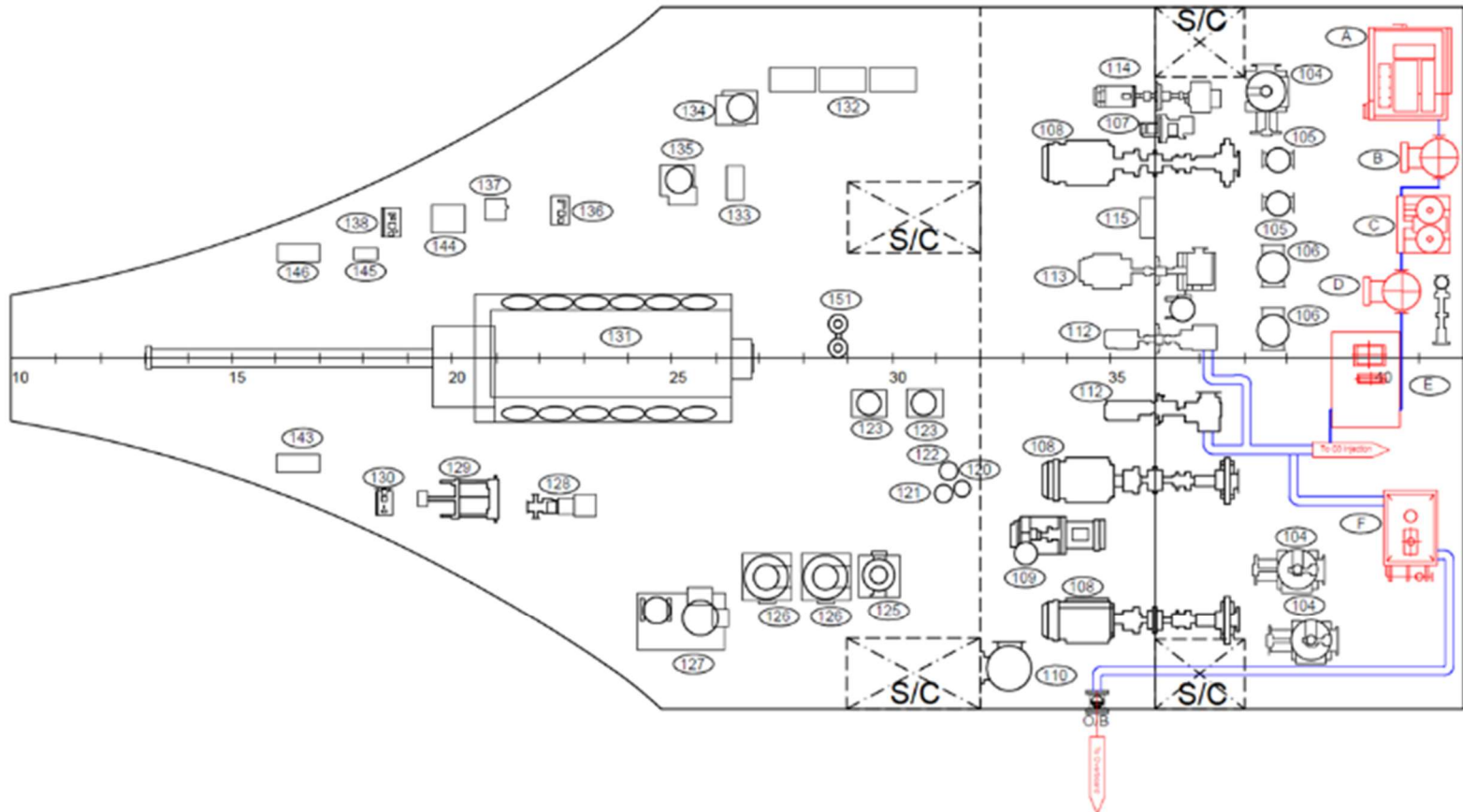
No.	Parameter Pemilihan	Bobot Total	Rincian Parameter	Bobot/Rincian Paramater	Skor		Keterangan	Skor x Bobot	
					UV	Ozon		UV	Ozon
1	Kinerja BWTS	13%	a. Sudah di- <i>approve</i> oleh IACS	6.5%	1	1	Keduanya sudah di- <i>approve</i>	6.5%	6.5%
			b. Sesuai dengan kapasitas pompa ballas utama	6.5%	1	1	Kedua BWTS dipilih berdasarkan kapasitas pompa ballas utama	6.5%	6.5%
2	Instalasi	12%	a. Ruang untuk penyimpanan zat aktif	2.4%	1	1	Keduanya memiliki ruang penyimpanan zat aktif	2.4%	2.4%
			b. Memungkinkan untuk instalasi di <i>pump room</i>	2.4%	1	1	Keduanya dapat di- <i>install</i> di <i>pump room</i>	2.4%	2.4%
			c. Memungkinkan untuk instalasi di <i>engine room</i>	2.4%	1	1	Keduanya dapat di- <i>install</i> di <i>engine room</i>	2.4%	2.4%
			d. Tersedianya ruang khusus	2.4%	1	1	Tidak dibutuhkan ruang khusus	2.4%	2.4%
			e. Instalasi dapat dilakukan tanpa <i>dry-docking</i>	2.4%	1	1	Instalasi kedua BWTS dapat dilakukan tanpa <i>dry-docking</i>	2.4%	2.4%
3	Operasi	12%	a. Tersedianya sistem yang aman	2%	1	1	Keduanya memiliki sistem yang aman	2%	2%
			b. Dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	1	1	Keduanya dapat diaplikasikan pada air tawar	2%	2%
			c. Menggunakan zat aktif untuk <i>treatment</i>	2%	1	1	Keduanya menggunakan zat aktif dan sudah <i>comply</i> dengan aturan	2%	2%
			d. <i>Treatment</i> dilakukan hanya sekali/operasi	2%	0	1	Treatment ozon dilakukan sekali, namun UV dilakukan dua kali	0%	2%
			e. Konsumsi energi maksimum (kwh/m ³)	2%	0.39	1	Konsumsi energi ozon lebih sedikit dibandingkan dengan UV	0.78%	2%
			f. Dibutuhkannya filter	2%	0	1	Ozon tidak membutuhkan filter	0%	2%
4	Reputasi Vendor	11%	Sudah di- <i>approve</i> oleh IACS	11%	1	1	Kedua BWTS sudah di- <i>approve</i>	11%	11%
5	Biaya	52%	a. CAPEX	26%	1	0.69	CAPEX ozon lebih tinggi dibanding UV	26%	17.94%
			b. OPEX	26%	1	0.71	OPEX ozon lebih tinggi dibanding UV	26%	18.46%
							Total =	94.78%	84.40%

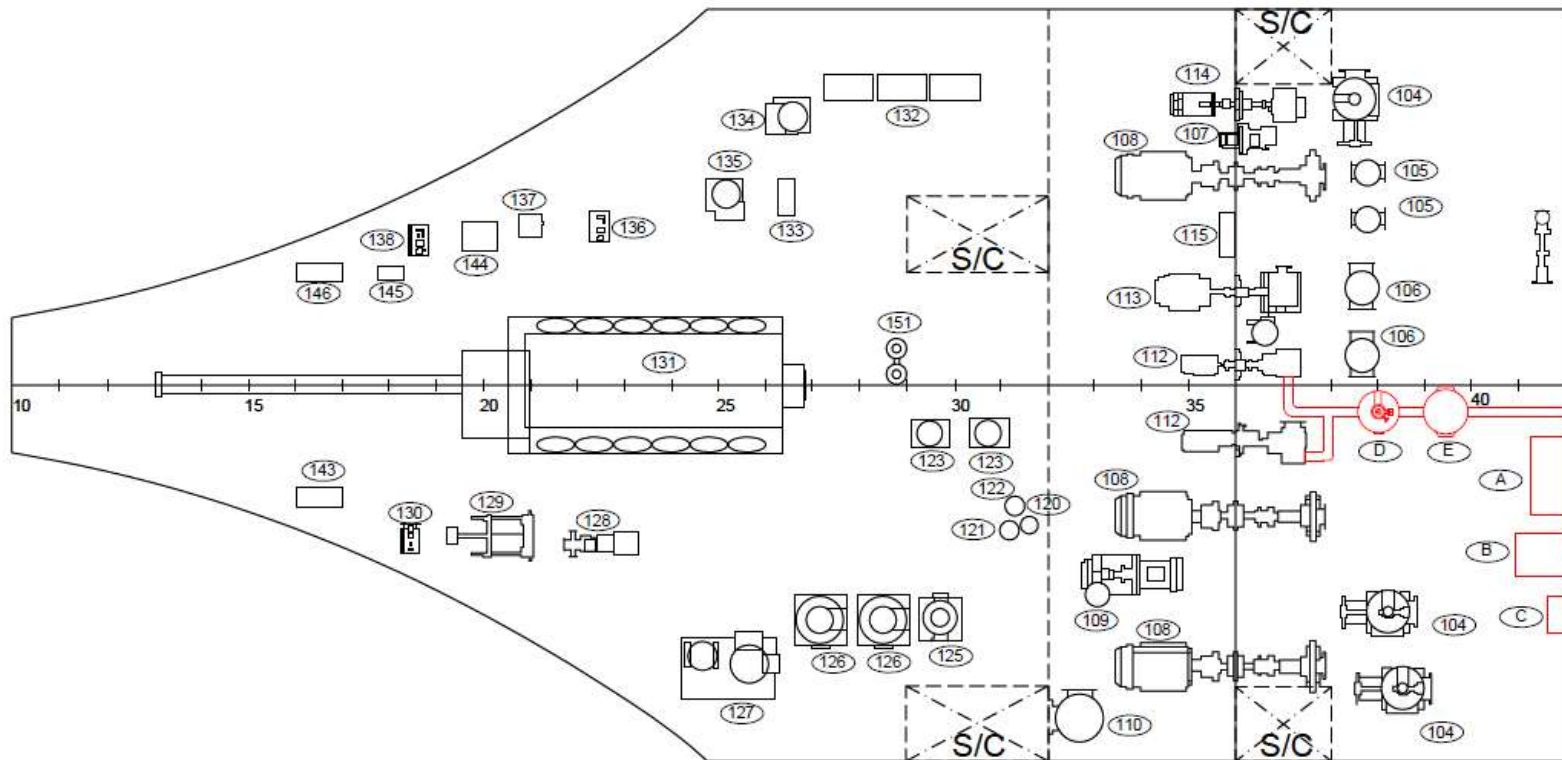
w. Modifikasi P&ID Sistem *Ballast (Ozone)*



x. Modifikasi P&ID Sistem *Ballast (Ultraviolet)*

y. Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Atas (Ozone)



z. Modifikasi *Engine Room Layout* Tampak Atas (*Ultraviolet*)

BIODATA PENULIS



Nicholas Panoguan dengan panggilan Nicho ialah anak kedua dari tiga bersaudara yang lahir pada tanggal 20 Juli 1996 di kota Jakarta dari pasangan suami istri Dickson T.M Mangunsong dan Juliani Roselin Lubis. Penulis berdomisili di kota Jakarta Timur, Provinsi DKI Jakarta. Pendidikan yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK Budhaya II Santo Agustinus 2002, SD Budhaya II Santo Agustinus lulus pada tahun 2008, SMP Negeri 255 Jakarta lulus pada tahun 2011, SMA Negeri 71 Jakarta lulus pada tahun 2014 dan melanjutkan Pendidikan tinggi di jurusan Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Palindo Marine, Batam dan PT. Pertamina (PERSERO) Divisi Shipping, Jakarta Utara. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan Departemen Hubungan Luar, Marine Icon 2015 dan 2017 serta menjadi bagian dari keluarga laboratorium MOM. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar dan Tingkat Dasar, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah, Pelatihan *Microsoft Project*, Pelatihan *Maxsuf*. Penulis dapat dihubungi melalui npanoguan@gmail.com.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”